



TUGAS AKHIR – SS141501

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DI PROVINSI
JAWA TIMUR TAHUN 2015 DENGAN *GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION***

**PROBOWATI DWI CAHYANI
NRP 1313 100 036**

**Dosen Pembimbing
Dr. Purhadi, M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR – SS141501

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DI PROVINSI
JAWA TIMUR TAHUN 2015 DENGAN *GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION***

**PROBOWATI DWI CAHYANI
NRP 1313 100 036**

**Dosen Pembimbing
Dr. Purhadi, M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

(halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – SS141501

**MODELING THE NUMBER OF MATERNAL MORTALITY
IN EAST JAVA 2015 USING GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION**

**PROBOWATI DWI CAHYANI
NRP 1313 100 036**

**Supervisor
Dr. Purhadi, M.Sc**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN IBU DI PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2015 DENGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Probowati Dwi Cahyani
NRP. 1313 100 036

Disetujui oleh Pembimbing:
Dr. Purnadi, M.Sc
NIP. 19620204 198701 1 001

()



Mengetahui,
Kepala Departemen


Dr. Sahartono
NIP. 19710929 199512 1 001
SURABAYA, JULI 2017

**Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Provinsi Jawa Timur
Tahun 2015 dengan *Geographically Weighted Negative
Binomial Regression***

Nama : Probowati Dwi Cahyani
NRP : 1313100036
Departemen : Statistika
Pembimbing : Dr. Purhadi, M.Sc

ABSTRAK

*Penduduk Provinsi Jawa Timur tahun 2015 sebesar 38.847.561 jiwa. Dalam kinerja bidang kesehatan untuk ibu hamil sudah mencapai target walaupun jumlah kematian ibu yang masih tinggi. Angka Kematian Ibu (AKI) di Jawa Timur 89,6 kematian per 100.000 kelahiran. Target yang ditetapkan MDGs adalah 102 kematian per 100.000 kelahiran. Walaupun Jawa Timur sudah mencapai target yang ditetapkan tetapi peningkatan kualitas pelayanan untuk ibu hamil masih kurang. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu maka dilakukan pemodelan jumlah kematian ibu dengan pendekatan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR). Matriks pembobot yang digunakan adalah fungsi *fixed kernel* dan fungsi *adaptive kernel*. Variabel prediktor yang digunakan adalah persentase ibu hamil yang melaksanakan program K1, persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4, jumlah pasangan yang melaksanakan program KB, persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan, persentase ibu hamil yang mendapatkan zat besi Fe3, persentase ibu hamil yang mendapatkan imunisasi TT2+, jumlah tenaga kesehatan di tiap kabupaten dan kota, persentase pelayanan kesehatan ibu nifas, persentase ibu nifas atau bersalin yang mendapat vitamin A, dan persentase rumah tangga berperilaku bersih dan sehat. Hasil model terbaik yang didapatkan dengan pembobot *fixed tricube* dengan nilai AIC 194.02.*

Kata Kunci— *Adaptive kernel, Fixed kernel, GWNBR, Jumlah kematian ibu*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Modeling The Number of Maternal Mortality in East Java 2015 Using Geographically Weighted Negative Binomial Regression

Name : Probowati Dwi Cahyani
NRP : 1313100036
Departement : Statistics
Supervisor : Dr. Purhadi, M.Sc

ABSTRACT

Population of East Java Province in 2015 amounted to 38.847.561 inhabitants. In the health performance for pregnant women, have reached the target although the number of maternal deaths is high. Maternal Mortality Rate (MMR) in East Java was 89.6 deaths per 100,000 births. The target set by the MDGs is 102 deaths per 100,000 births. Although East Java has reached the target set but improving the quality of services for pregnant women is still lacking. To know the factors that influence the number of maternal deaths, they was modeled the number of maternal mortality using the Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR). The weighting matrix used is fixed kernel and adaptive kernel. The predictor variable use the percentage of pregnant women who did the K1 program, the percentage of pregnant women who did the K4 program, the ratio of couples who implemented the family planning program, the percentage of obstetric complications assisted by health personnel, the percentage of pregnant women who received iron tablets, the percentage of pregnant women who got TT2 + immunization, the ratio of health workers in each district and city, percentage of postpartum maternal health services, percentage of postpartum or maternal women receiving vitamin A, and percentage of households being clean and healthy. The result obtained that the best model use fixed tricube kernel with AIC is 194.02

Keywords— *Adaptive kernel, Fixed kernel, GWNBR, The number of maternal deaths*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Provinsi Jawa Timur Tahun 2015 dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR)”** dengan lancar dan tepat waktu.

Keberhasilan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari partisipasi dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak, Ibu dan Keluarga Besar Penulis atas do'a dan kasih sayang yang begitu besar dan semangat dalam menjalani proses perkuliahan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Purhadi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu, perhatian, bimbingan dan pengarahan
3. Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si dan Ibu Diaz Fitra Aksioma, S.Si, M.Si selaku tim penguji yang telah memberikan ilmu, kritik dan saran membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Suhartono, M.Sc selaku Ketua Jurusan Statistika ITS dan Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si selaku Ketua Prodi S1 Statistika yang telah memfasilitasi dalam menuntut ilmu di Jurusan Statistika ITS.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis, pembaca, dan semua pihak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Surabaya, Juli 2017

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah	4
1.3	Tujuan Penelitian.....	4
1.4	Manfaat Penelitian.....	4
1.5	Batasan Masalah	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Regresi Binomial Negatif	5
2.1.1	Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif	5
2.1.2	Pengujian Regresi Binomial Negatif	8
2.2	Pengujian Data Spasial	9
2.2.1	Uji Heterogenitas Spasial	9
2.2.2	Uji Dependensi Spasial.....	9
2.3	Matriks Pembobot	10
2.4	GWNBR	11
2.4.1	Estimasi Parameter GWNBR	12
2.4.2	Pengujian GWNBR	17
2.5	Multikolinearitas.....	18
2.6	Pemilihan Model Terbaik	19
2.7	Peta Tematik	19

2.8	Jumlah Kematian Ibu	21
2.9	Kerangka Konseptual	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Sumber Data	27
3.2	Variabel Penelitian	27
3.3	Definisi Operasional	27
3.4	Langkah Analisis	29
3.5	Diagram Alir	30

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Jumlah Kematian Ibu dan Faktor-faktor yang Diduga Mempengaruhi	33
4.1.1	Jumlah Kematian Ibu	34
4.1.2	Persentase Ibu Hamil Melaksanakan Program K1	36
4.1.3	Persentase Ibu Hamil Melaksanakan Program K4	38
4.1.4	Rasio Pasangan yang Melakukan Program KB	40
4.1.5	Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan	42
4.1.6	Persentase Ibu Hamil Mendapat Fe3	44
4.1.7	Persentase Ibu Hamil Mendapat Imunisasi TT2+	46
4.1.8	Rasio Tenaga Kesehatan	48
4.1.9	Persentase Ibu Nifas atau Bersalin Mendapat Pelayanan Kesehatan	50
4.1.10	Persentase Ibu Nifas atau Bersalin Mendapat Vitamin A	52
4.1.11	Persentase Rumah Tangga Berperilaku Bersih dan Sehat	54
4.2	Pemeriksaan Multikolinearitas	56
4.3	Pemodelan Regresi Binomial Negatif	56
4.4	Pengujian Spasial	58
4.4.1	Pengujian Heterogenitas Spasial	58

4.4.2 Pengujian Dependensi Spasial	58
4.5 Pemodelan <i>Geographically Weighted Negative Binomial Regression</i>	59
4.6 Pemilihan Model Terbaik	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kerangka Konseptual Penelitian	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur	35
Gambar 4.2 Persebaran Persentase Ibu Hamil Melaksanakan Program K1	37
Gambar 4.3 Persebaran Persentase Ibu Hamil Melaksanakan Program K4	39
Gambar 4.4 Persebaran Rasio Pasangan Melaksanakan KB ..	41
Gambar 4.5 Persebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan	43
Gambar 4.6 Persebaran Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Fe3	45
Gambar 4.7 Persebaran Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Imunisasi TT2+	47
Gambar 4.8 Persebaran Rasio Tenaga Kesehatan	49
Gambar 4.9 Persebaran Ibu Nifas atau Bersalin yang Mendapat Pelayanan Kesehatan	51
Gambar 4.10 Persebaran Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Vitamin A	53
Gambar 4.11 Persebaran Rumah Tangga Berperilaku Bersih dan Sehat	55
Gambar 4.12 Hasil Pengelompokkan Model Terbaik	65

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	27
Tabel 4.1 Nilai VIF Variabel Prediktor	56
Tabel 4.2 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif	57
Tabel 4.3 F hitung Tiap Pembobot	60
Tabel 4.4 Nilai Devians Tiap Pembobot.....	60
Tabel 4.5 Variabel Signifikan	61
Tabel 4.6 Nilai AIC.....	65

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data Kematian Ibu dan Faktor yang Mempengaruhi 71
Lampiran 2	Koordinat Lintang dan Bujur 73
Lampiran 3	Hasil Statistika Deskriptif dan Pengecekan Asumsi Multikolinearitas 75
Lampiran 4	Hasil Pengujian Spasial 75
Lampiran 5	Hasil Analisis Regresi Negatif Binomial 76
Lampiran 6	Pembobotan..... 77
Lampiran 7	Jarak Euclidean 79
Lampiran 8	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Adaptive Bisquare</i> ... 80
Lampiran 9	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i> ... 81
Lampiran 10	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Adaptive Tricube</i> 82
Lampiran 11	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Fixed Bisquare</i>83
Lampiran 12	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>84
Lampiran 13	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Fixed Tricube</i>85
Lampiran 14	Z_{hitung} GWNBR Pembobot <i>Fixed Exponential</i>86
Lampiran 15	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Adaptive Bisquare</i>87
Lampiran 16	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>88
Lampiran 17	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Adaptive Tricube</i> 89
Lampiran 18	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Fixed Bisquare</i> 90
Lampiran 19	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Fixed Gaussian</i> 91
Lampiran 20	Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Fixed Tricube</i> 92

	Halaman
Lampiran 21 Koefisien Parameter GWNBR Pembobot <i>Fixed</i> <i>Exponential</i>	93
Lampiran 22 Syntax Program R	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Jawa Timur terletak di bagian timur Pulau Jawa yang memiliki luas wilayah daratan 47.959 km². Provinsi Jawa Timur terletak di 111°0' hingga 114°4' Bujur Timur (BT) dan 7°12' hingga 8°48' Lintang Selatan (LS) dengan batas wilayah di sebelah utara adalah Laut Jawa, sebelah selatan adalah Samudera Hindia, sebelah barat adalah Selat Bali, dan sebelah timur adalah Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data hasil proyeksi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, jumlah penduduk Provinsi Jawa Timur tahun 2015 sebesar 38.847.561 jiwa dengan rincian jumlah penduduk laki-laki 19.172.610 jiwa dan penduduk perempuan 19.674.951 jiwa. Daerah dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Kota Surabaya (2.848.583 jiwa), sedangkan jumlah penduduk paling sedikit adalah Kota Mojokerto (125.703 jiwa). Kepadatan penduduk di kota relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kabupaten. Kota Surabaya memiliki kepadatan penduduk tertinggi dengan 8.728,08 km/jiwa (Dinas Kesehatan Jawa Timur, 2015).

Pemerintah berupaya agar Indonesia terutama Jawa Timur sejahtera dalam bidang kesehatan dengan mencapai tujuan yang ditetapkan oleh Renstra (Rencana Strategis) yang dikeluarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan MDGs (*Millenium Development Goals*) yaitu dengan meningkatkan kesehatan ibu dengan mengurangi Angka Kematian Ibu (AKI). Angka Kematian Ibu adalah kematian selama kehamilan atau dalam periode 42 hari setelah berakhirnya kehamilan, akibat semua sebab yang terkait dengan atau diperberat oleh kehamilan atau penanganannya, tetapi bukan disebabkan oleh kecelakaan atau cedera (Badan Pusat Statistik, 2017).

Menurut Survei dan Demografi Kesehatan Indonesia (SDKI), AKI pada tahun 1990 sebesar 390 kematian per 100.000 kelahiran, sedangkan AKI pada tahun 2015 sebesar 305 kematian

per 100.000 kelahiran. Menurut Renstra tahun 2015, AKI mengalami penurunan tetapi masih jauh dari target MDGs tahun 2015, yaitu 102 per 100.000 kelahiran. Provinsi Jawa Timur memiliki AKI sebesar 89.6 per 100.000 kelahiran pada tahun 2015 dan jumlah kematian sebanyak 515 kematian dengan penyebab kematian ibu yang paling banyak adalah pendarahan. Angka ini mengalami penurunan dibandingkan tahun 2014 yang mencapai 93,52 per 100.000 kelahiran hidup. Hipertensi, infeksi, partus lama, dan abortus juga merupakan penyebab kematian ibu lainnya (Dinas Kesehatan Jawa Timur, 2015).

Jumlah tenaga kesehatan di Jawa Timur meningkat dibandingkan tahun lalu, tetapi tidak diimbangi dengan peningkatan kualitas pelayanan kesehatan karena belum memadai dan kondisi ibu hamil sendiri yang tidak sehat. Pelayanan kesehatan yang diberikan adalah ibu hamil seperti pemberian zat besi, imunisasi, dan pelayanan ibu nifas agar terhindar dari resiko kematian ibu, keguguran, infeksi janin dan ibu, kelahiran prematur, dan mempercepat proses penyembuhan luka selama proses persalinan. Kondisi ibu yang tidak sehat disebabkan penanganan komplikasi yang telambat, anemia, ibu hamil yang menderita diabetes, hipertensi, dan malaria. Pelayanan kesehatan dengan kontrasepsi seperti Keluarga Berencana (KB) untuk membuat program kehamilan yang tidak terlalu muda (kurang dari 20 tahun) atau tidak terlalu tua (lebih dari 35 tahun) (Kementerian Kesehatan RI, 2015).

Untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu di Jawa Timur dengan menggunakan metode GWNBR (*Geographically Weighted Negative Binomial Regression*) dimana letak bujur dan lintang kabupaten atau kota di Jawa Timur sebagai pembobotnya. Data jumlah kematian ibu di Jawa Timur diskrit dan tiap daerah memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi variabel respon yang berbeda sehingga metode GWNBR cocok karena data jumlah kematian ibu paling sering berdistribusi binomial negatif digunakan dalam penelitian ini. Dalam pemodelan GWNBR terlebih dahulu dilakukan uji regresi

Poisson. Namun, dalam pengujian regresi Poisson seringkali ditemukan kasus overdispersi sehingga harus diatasi dengan regresi binomial negatif atau dengan pendekatan GWNBR.

Penelitian sebelumnya mengenai angka kematian ibu pernah dilakukan oleh Qomariyah, Purnami, dan Pramono (2013) dengan pendekatan GWPR di Jawa Timur tahun 2011. Model regresi Poisson dengan variabel yang mempengaruhi AKI yaitu persentase kunjungan ibu hamil K1, persentase ibu nifas yang mendapat pelayanan kesehatan, persentase Puskesmas yang melakukan kegiatan pelayanan antenatal terintegrasi dan Puskesmas yang memiliki pedoman pencegahan dan penanganan malaria pada ibu hamil. Pertiwi, Salamah, dan Sutikno (2012) menggunakan *Spatial Durbin Model* tentang angka kematian ibu di Jawa Timur tahun 2010. Model terbaik yang didapatkan adalah dengan metode SAR dan variabel yang berpengaruh yaitu persentase persalinan yang dibantu oleh dukun, persentase rumah tangga berperilaku sehat, dan persentase sarana kesehatan di tiap kabupaten atau kota.

Penelitian sebelumnya mengenai GWNBR pernah dilakukan oleh Aristia dan Salamah (2013) dengan studi kasus AKI di Jawa Timur tahun 2011 menggunakan pendekatan GWNBR dan GWPR dengan pembobot fungsi *kernel fixed Gaussian* didapatkan model GWPR lebih baik. Variabel yang signifikan secara global adalah persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat. Evadiani dan Purhadi (2014) dengan studi kasus AKI di Jawa Timur tahun 2013 menghasilkan tiga pengelompokan berdasarkan variabel signifikan yang mempengaruhi.

Diharapkan dalam penelitian ini didapatkan model terbaik dan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu di Jawa Timur tahun 2015 dengan pendekatan GWNBR dengan berbagai macam pembobot kernel. Hasil dari tiap pembobotnya dilihat nilai CV dan GCV dibandingkan dan dipilih nilai terkecil. Penelitian ini juga bisa dijadikan rujukan penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam metode GWNBR pembobotnya bervariasi dan semua pembobotnya hasilnya dibandingkan, sehingga rumusan masalah dalam penelitian kali ini adalah bagaimana karakteristik angka kematian ibu di Jawa Timur berdasarkan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi dan bagaimana model terbaik angka kematian ibu di Jawa Timur dengan menggunakan pendekatan GWNBR dengan berbagai macam pembobot kernel.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik jumlah kematian ibu di Jawa Timur berdasarkan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi dan gambaran peta tematik tiap daerah di Jawa Timur.
2. Mendapatkan model terbaik jumlah kematian ibu di Jawa Timur dengan GWNBR pembobot semua jenis kernel dengan melihat nilai CV dan GCV optimum

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan adanya penelitian ini adalah mendapatkan pemodelan terbaik tentang jumlah kematian ibu di Jawa Timur. Dari hasil penelitian dapat dijadikan saran bagi pemerintah untuk menurunkan jumlah kematian ibu di Jawa Timur.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah jumlah kematian ibu yang terdiri dari jumlah kematian ibu nifas, ibu bersalin, dan ibu hamil di Provinsi Jawa Timur tahun 2015 di 38 kabupaten atau kota dengan menggunakan pembobot *adaptive kernel* serta *fixed kernel*. Faktor yang digunakan adalah dari segi akses kesehatan, sarana dan prasarana, serta lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Regresi Binomial Negatif

Regresi binomial negatif adalah solusi untuk mengatasi adanya kasus overdispersi. Bentuk persamaan fungsi massa peluang binomial negatif adalah sebagai berikut.

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta})y!} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu}{1 + \theta\mu}\right)^y \text{ dengan } y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

Model binomial negatif merupakan campuran distribusi Poisson dan Gamma. Fungsi peluang sebaran binomial negatif adalah.

$$f(y, \mu, \theta) = \exp\{y \ln\left(\frac{\theta\mu}{1 + \theta\mu}\right) + \frac{1}{\theta} \ln\left(\frac{1}{1 + \theta\mu}\right) + \ln\left(\frac{\Gamma(y + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta})y!}\right)\} \quad (2.2)$$

Model regresi binomial negatif adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}) \quad (2.3)$$

2.1.1 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif

Pendugaan parameter model regresi binomial negatif dapat dilakukan dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi kepadatan probabilitasnya yaitu.

$$f(y_i, \mu_i, \theta) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i} \quad (2.4)$$

Persamaan fungsi likelihoodnya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}, \theta) &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i} \right) \\ &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i} \right) \\ &= \prod_{i=1}^n \left((\prod_{r=1}^{y_i-1} \left(r + \frac{1}{\theta}\right)) \frac{1}{y_i!} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i} \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

dimana $\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta})} = \prod_{r=1}^{y_i-1} \left(r + \frac{1}{\theta}\right)$. Bentuk log-likelihoodnya

$$\ln(L(\boldsymbol{\beta}, \theta)) = \sum_{i=1}^n ((\sum_{r=0}^{y_i-1} (\ln(r + \frac{1}{\theta}))) - \ln(y_i!) + y_i \ln(\theta \mu_i) - (\frac{1}{\theta} + y_i) \ln(1 + \theta \mu_i))$$

Turunan pertama fungsi log-likelihood terhadap koefisien $\boldsymbol{\beta}$ adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0} = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \left(y_i + \frac{1}{\theta} \right) \left(\frac{\theta \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right) \right] = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right) = 0$$

\vdots

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_p} &= \sum_{i=1}^n \left[y_i x_{ip} - \left(y_i + \frac{1}{\theta} \right) \left(\frac{\theta \mu_i x_{ip}}{1 + \theta \mu_i} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{1 + \theta \mu_i} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{1 + \theta \mu_i} \right) = 0 \end{aligned}$$

Bentuk persamaan matriks dari turunan pertama fungsi log-likelihood terhadap parameter $\boldsymbol{\beta}$ yaitu $\mathbf{q} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{z}$, dengan \mathbf{X} adalah matriks $n \times c$ dari variabel prediktor, \mathbf{W} adalah matriks pembobot diagonal ke- i dan \mathbf{z} adalah vektor matriks baris ke- i dengan masing-masing elemennya sebagai berikut.

$$w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \text{ dan } z_i = \frac{y_i - \mu_i}{\mu_i}, \quad \text{dimana } i = 1, 2, \dots, n$$

Turunan pertama dari fungsi log-likelihood terhadap parameter dispersi θ adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'(\theta) = \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0} &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{\theta^2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta^{-1}} + \frac{y_i}{\theta} + \frac{1}{\theta^2} \ln(1 + \theta \mu_i) - \frac{(\theta^{-1} + y_i) \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'(\theta) = \frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0} &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{\theta^2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta^{-1}} + \frac{1}{\theta^2} \ln(1 + \theta \mu_i) - \frac{y_i - \mu_i}{\theta(1 + \theta \mu_i)} \right] = 0 \end{aligned}$$

Turunan parsial kedua fungsi log-likelihood terhadap parameter koefisien regresi $\boldsymbol{\beta}$ yaitu.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0^2} &= - \sum_{i=1}^n \left[\frac{(1 + \theta y_i) \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0 \partial \beta_j} &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{-\mu_i x_{ij} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i) (\theta \mu_i x_{ij})}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_0 \partial \beta_j} &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{\mu_i x_{ij} (1 + \theta y_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Misalkan turunan parsial pertama dari $L(\boldsymbol{\beta}, \theta)$ terhadap β_j , $j \leq p$ adalah $\frac{\partial L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_j} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(y_i - \mu_i)x_{ij}}{1 + \theta \mu_i} \right] = 0$, maka turunan parsial kedua terhadap β_u , $u \leq p$ adalah.

$$\frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{-\mu_i x_{ik} x_{iu} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i)(\theta \mu_i x_{ik} x_{iu})}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right]$$

$$\frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k} = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{\mu_i x_{ik} x_{iu} (1 + \theta y_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right]$$

Ekspektasi turunan kedua log-likelihood yaitu.

$$E\left(-\frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \beta_u \partial \beta_k}\right) = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{\mu_i x_{ik} x_{iu}}{(1 + \theta \mu_i)} \right] \quad (2.6)$$

Jika persamaan (2.7) dinyatakan dalam matriks \mathbf{I} yaitu matriks yang mengandung ekspektasi negatif dari turunan kedua log-likelihood maka $\mathbf{I} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X}$, dimana \mathbf{X} adalah matriks variabel prediktor, \mathbf{W} adalah matriks diagonal pembobot ke-i. Turunan kedua fungsi log-likelihood terhadap parameter dispersi θ yaitu.

$$\begin{aligned} f''(\theta) &= \frac{\partial^2 L(\boldsymbol{\beta}, \theta)}{\partial \theta^2} \\ &= \sum_{i=1}^n \left[\theta^{-3} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{(2r + \theta^{-1})}{(r + \theta^{-1})^2} - 2\theta^{-3} \ln(1 + \theta \mu_i) + \right. \\ &\quad \left. \frac{-\theta^2 \mu_i}{1 + \theta \mu_i} - \frac{(y_i - \mu_i)(1 + 2\theta \mu_i)}{(\theta + \theta^2 \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Langkah-langkah dalam estimasi parameter model regresi binomial negatif adalah sebagai berikut (Cameron dan Trivedi, 1998).

- Menentukan estimasi awal θ misal $\hat{\theta}_1 = 0.1$.
- Menentukan MLE dari parameter $\boldsymbol{\beta}$ dengan prosedur iterasi Fisher scoring dengan asumsi $\theta = \hat{\theta}_1$

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{i+1} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_i + (\mathbf{X}^T \mathbf{W}_i \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}_i \mathbf{z}_i \quad (2.7)$$

Iterasi berakhir jika diperoleh $\|\hat{\boldsymbol{\beta}}_{i+1} - \hat{\boldsymbol{\beta}}_i\| \leq \varepsilon$

- Menggunakan $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ untuk menghasilkan estimasi dari parameter θ dengan menggunakan prosedur iterasi Newton-Raphson satu variabel. Iterasi berakhir jika diperoleh $|\hat{\theta}_{i+1} - \hat{\theta}_i| \leq \varepsilon$

$$\hat{\theta}_{i+1} = \hat{\theta}_i - \frac{f'(\theta_i)}{f''(\theta_i)} \quad (2.8)$$

Jika $|\hat{\theta}_{i+1} - \hat{\theta}_i| \leq \varepsilon$ sudah dipenuhi maka selesai, jika tidak gunakan parameter $\theta = \hat{\theta}_1$ dan kembali ke langkah b. Nilai ε merupakan bilangan positif yang sangat kecil.

2.1.2 Pengujian Regresi Binomial Negatif

Pengujian koefisien parameter model regresi binomial negatif untuk mengetahui apakah parameter model mempengaruhi variabel respon. Pengujian koefisien parameter terdiri dari uji serentak dan parsial. Untuk uji serentak hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik ujinya adalah sebagai berikut.

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Delta = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega}))) \quad (2.9)$$

dimana $\ln(L(\hat{\omega}))$ adalah fungsi log-likelihood model tidak lengkap tanpa melibatkan variabel prediktor bentuknya sedangkan $\ln(L(\hat{\Omega}))$ adalah fungsi log-likelihood model lengkap melibatkan variabel prediktor. Tolak H_0 jika $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha, p)}$ yang berarti minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, dan dilanjutkan ke uji parsial. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik ujinya adalah sebagai berikut.

$$Z = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (2.10)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hit}| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$, yang berarti parameter ke-j berpengaruh signifikan terhadap model.

2.2 Pengujian Data Spasial

Pengujian ini dilakukan jika data memenuhi aspek heterogenitas spasial dan aspek dependensi spasial. Heterogenitas spasial adalah variasi pada tiap lokasi. Dependensi spasial adalah pengamatan lokasi bergantung pada lokasi lainnya yang berdekatan (Anselin, 1988).

2.2.1 Heterogenitas Spasial

Uji heterogenitas spasial dilakukan karena tiap daerah atau lokasi mempunyai ciri-ciri khas yang berbeda dengan daerah lainnya. Uji ini dilakukan dengan Breusch-Pagan dengan hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_n$ (variansi antar lokasi sama)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma^2_i \neq \sigma^2, i=1,2,\dots,n$ (variansi antar lokasi berbeda)

Statistik uji dengan rumus sebagai berikut.

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi^2_{(p)} \quad (2.11)$$

dimana $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$ dengan $f_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$

$$e_i^2 = (y_i - \hat{y}_i)^2$$

σ^2 adalah variansi y

\mathbf{Z} adalah matriks ukuran $n \times (p+1)$ berisi vektor yang dinormalkan (z) untuk tiap pengamatan

H_0 ditolak jika nilai $BP > \chi^2_{(\alpha,p)}$ yang berarti variansi antar lokasi berbeda.

2.2.2 Dependensi Spasial

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu titik lokasi pengamatan bergantung pada lokasi lain yang berdekatan. Uji ini dilakukan dengan Moran's I dan hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial)

Statistik uji dengan rumus sebagai berikut.

$$Z_I = \left(\frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{\widehat{var}(\hat{I})}} \right) \quad (2.12)$$

$$\text{dimana } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

n adalah banyak pengamatan

\bar{y} adalah rata-rata dari y_i dari n lokasi

y_i adalah nilai pengamatan pada lokasi ke- i

y_j adalah nilai pengamatan pada lokasi ke- j

W_{ij} adalah elemen matriks pembobot, jika nilainya 0 maka lokasi ke- i berjauhan dengan lokasi ke- j , jika nilainya 1 maka lokasi ke- i berdekatan dengan lokasi ke- k

H_0 ditolak jika nilai $|Z_I| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ yang berarti terdapat dependensi spasial.

2.3 Matriks Pembobot

Matriks pembobot dibutuhkan karena adanya keragaman spasial. Fungsi pembobot yang digunakan adalah pembobot kernel *adaptive* dan kernel *fixed*. Fungsi *adaptive kernel* adalah sebagai berikut.

a. Fungsi *adaptive bisquare kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases}$$

b. Fungsi *adaptive tricube kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^3\right)^3 & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases}$$

c. Fungsi *adaptive gaussian kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)$$

Fungsi *fixed kernel* adalah sebagai berikut.

a. Fungsi *fixed gaussian kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)$$

b. Fungsi *fixed bisquare kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases}$$

c. Fungsi *fixed tricube kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3 & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases}$$

d. Fungsi *fixed exponential kernel*

$$w_j(u_i, v_i) = \sqrt{\exp\left(-\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)}$$

d_{ij} adalah jarak *euclidean* antara lokasi ke- i dan ke- j . h adalah *bandwidth*. Pemilihan *bandwidth* optimum sangat penting karena berpengaruh pada ketepatan model. Besar kecilnya *bandwidth* berpengaruh pada varians dan bias dari model. Metode pemilihan *bandwidth* dapat dilakukan dengan *Cross Validation* (CV) dengan persamaan sebagai berikut (Fotheringham, 2002).

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (2.13)$$

$\hat{y}_{\neq i}$ adalah nilai penaksir y_i dimana pengamatan lokasi (u_i, v_i) yang tidak disertakan dalam proses penaksiran.

2.4 Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) merupakan metode untuk menduga data yang memiliki heterogenitas spasial pada data yang overdispersi. GWNBR merupakan pengembangan dari model regresi binomial negatif yang menghasilkan parameter lokal dengan masing-masing lokasi yang memiliki parameter berbeda-beda. Model GWNBR dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_i \sim NB\left[\exp\left(\sum_{j=0}^k \beta_j(u_i, v_i)x_{ij}\right), \theta(u_i, v_i)\right], i = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

Fungsi sebaran binomial negatif untuk tiap lokasi dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut.

$$f(y_i|x_{ij}\boldsymbol{\beta}_{(u_i,v_i)}, \theta_{(u_i,v_i)}) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i} \right)^{y_i}$$

Penaksir parameter koefisien GWNBR dilakukan dengan metode *maximum likelihood*. Letak geografis sebagai pembobot untuk di tiap daerah mempunyai nilai yang berbeda-beda. Fungsi likelihood yang telah diberi pembobot adalah sebagai berikut.

$$L(y_i|x_{ij}\boldsymbol{\beta}_{(u_i,v_i)}, \theta_{(u_i,v_i)}) = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i,v_i)} \left(\ln \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) + \Gamma(y_i + 1)} + y_i \ln(\theta_i\mu_i) - \left(\frac{1}{\theta} + y_i \right) (\ln(1 + \theta_i\mu_i)) \right)$$

2.4.1 Estimasi Parameter GWNBR

Fungsi distribusi binomial negatif untuk setiap lokasi adalah sebagai berikut.

$$f(y_i|\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i) = \left(\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i\mu_i}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{y_i} \right) \quad (2.15)$$

dengan $y_i = 0, 1, 2, \dots$. Pendugaan parameter koefisien bisa dilakukan dengan MLE. Fungsi sebaran binomial negatif untuk tiap lokasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i, i = 1, 2, \dots, n) &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) + \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i\mu_i}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{y_i} \right) \\ &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) + \Gamma(y_i + 1)} \right) \prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \prod_{i=1}^n \left(\frac{\theta_i\mu_i}{1 + \theta_i\mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.16) \end{aligned}$$

Diketahui $\frac{\Gamma(y+c)}{\Gamma(c)} = c(c+1)(c+2) \dots (c+y-1)$, sehingga

$$\begin{aligned} \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i})} &= \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 1 \right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 2 \right) \dots \left(\frac{1}{\theta_i} + y_i - 1 \right) \\ &= \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \left(1 + \frac{1}{\theta_i} \right) \left(\frac{1}{\theta_i} \right) (1 + 2\theta_i) \dots \left(\frac{1}{\theta_i} \right) (1 + (y_i - 1)\theta_i) \end{aligned}$$

$$= \prod_{r=0}^{y-1} (r + \theta_i^{-1})$$

Maka fungsi likelihood $L(\beta(u_i, v_i), \theta_i)$ jika disederhanakan menjadi persamaan sebagai berikut.

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i, i = 1, 2, \dots, n) =$$

$$\prod_{i=1}^n [\prod_{r=0}^{y-1} (r + \theta_i^{-1})] \left(\frac{1}{y_i!} \right) \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i}$$

Kemudian fungsi likelihood tersebut diubah ke dalam bentuk logaritma natural sehingga menjadi.

$$\ln L(\beta(u_i, v_i), \theta_i)$$

$$= \sum_{i=1}^n [(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1})) - \ln(y_i!) + \frac{1}{\theta_i} \ln(1 + \theta_i \mu_i) +$$

$$y_i \ln\left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i}\right)]$$

$$= \sum_{i=1}^n [(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1})) - \ln(y_i!) + y_i \ln(\theta_i \mu_i) - (y_i + \theta_i^{-1}) \ln(1 + \theta_i \mu_i)]$$

dengan $\mu_i = \exp(x_i^T \beta_{(u_i, v_i)})$ maka diperoleh bentuk lain dari persamaan logaritma fungsi likelihood menjadi.

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i, i = 1, 2, \dots, n) = \sum_{i=1}^n (a + b - c)$$

Faktor letak geografis merupakan pembobot pada model GWNBR. Tiap wilayah menunjukkan sifat lokasi yang berbeda pada model GWNBR, sehingga pembobot diberikan pada persamaan \ln likelihood untuk model GWNBR sehingga diperoleh bentuk persamaan berikut.

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i, i = 1, 2, \dots, n) = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} (a + b - c)$$

dimana

$$a = \sum_{r=0}^{y_j-1} \ln(r + \theta_j^{-1}) - \ln(y_j!)$$

$$b = y_j \ln(\theta_j \exp(x_j^T \beta_{(u_i, v_i)}))$$

$$c = (y_j + \theta_j^{-1}) \ln(1 + \theta_j \exp(x_j^T \beta_{(u_i, v_i)}))$$

Turunan pertama dari fungsi log-likelihood terhadap parameter dispersi θ adalah.

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta_i} = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} - \frac{\partial c}{\partial \theta_i} \right)$$

$$\frac{\partial a}{\partial \theta_i} = -\theta_i^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta_i^{-1}}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial b}{\partial \theta_i} &= y_i \frac{1}{\theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})} \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}) = \frac{y_i}{\theta_i} \\ \frac{\partial c}{\partial \theta_i} &= \left(-\frac{\ln(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))}{\theta_i^2} + \frac{y_i + \theta_i^{-1} \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})} \right) \\ d &= \frac{\ln(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))}{\theta_i^2} \text{ dan } e = \frac{y_i + \theta_i^{-1} \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})},\end{aligned}$$

sehingga

$$\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta_i} = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} + d - e \right)$$

Turunan kedua logaritma fungsi likelihood terhadap parameter dispersi θ yaitu.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial^2 \theta_i} &= \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} - \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} \right) \\ \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial^2 \theta_i} &= \sum_{i=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial d}{\partial \theta_i} - \frac{\partial e}{\partial \theta_i} \right)\end{aligned}$$

dimana

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{2\theta^{-3}(r+\theta_i^{-1})-\theta^{-4}}{(r+\theta_i^{-1})^2} = \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{\theta_i^{-3}(2r+\theta_i^{-1})}{(r+\theta_i^{-1})^2} \\ \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} &= -\frac{y_i}{\theta_i^2} \\ \frac{\partial d}{\partial \theta_i} &= \frac{\theta_i^2 \frac{\partial}{\partial \theta_i} \ln(\theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})) - \ln(\theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})) \frac{\partial}{\partial \theta_i} \theta_i^2}{\theta_i^4} \\ &= \frac{\exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})) \theta_i^2} - \frac{2 \ln(1 + \theta_i) \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{\theta_i^3} \\ \frac{\partial e}{\partial \theta_i} &= \frac{\frac{\exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{\theta_i^2} (1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})) - (\exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2} \\ &= -\frac{\exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 \theta_i^2} - \frac{(\exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(x_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 \theta_i^2} \\ \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} &= \frac{\partial d}{\partial \theta_i} - \frac{\partial e}{\partial \theta_i}\end{aligned}$$

$$= 2 \left(\frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 \theta_i^2} \right) - \frac{2 \ln(1 + \theta_i) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{\theta_i^3} + \frac{(\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2 \theta_i^2}$$

Untuk mendapatkan $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(u_i, v_i)}$ yang merupakan estimasi parameter $\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}$ maka bentuk persamaan $\ln L(\cdot)$ diturunkan terhadap $\boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}$ maka bentuknya sebagai berikut.

$$\frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\partial a}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} + \frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} - \frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} \right)$$

$$\frac{\partial a}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} = 0$$

$$\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} = \frac{y_i}{\exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})} \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}) \mathbf{x}_i$$

$$\frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} = (y_i + \frac{1}{\theta_i}) \frac{\theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})}$$

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai tersebut dan disederhanakan menjadi.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}} &= \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(y_i \mathbf{x}_i - (y_i + \frac{1}{\theta_i}) \frac{\theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})} \right) \\ &= \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{y_i - \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}) \mathbf{x}_i}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})} \right) \end{aligned}$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi likelihood terhadap parameter regresi $\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}$ adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial^2 \ln L(\cdot)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}} = \frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}} - \frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}}$$

$$\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}} = 0$$

$$\frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}} = -(y_i + \frac{1}{\theta_i}) \theta \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i^T \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}) (u)$$

Dimana

$$u = \frac{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}) - \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2} = \frac{1}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2}$$

Sehingga $\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}}$ setelah diberi pembobot menjadi

$$\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}} = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{-(y_i + \frac{1}{\theta_i}) \theta x_i x_i^T \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}))^2} \right)$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi likelihood terhadap parameter regresi $\boldsymbol{\beta}_{(u_i, v_i)}$ dan parameter dispersi θ adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)} \partial \theta_i} = \sum_{j=1}^n w_{j(u_i, v_i)} \left(\frac{\theta_i^{-3} - x_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)})} - \frac{\exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}) x_i}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}^T_{(u_i, v_i)}))^2} \right)$$

Turunan parsial dari persamaan log likelihood jika dinyatakan dalam bentuk matriks menjadi.

$$\mathbf{g}^T(\boldsymbol{\beta}_{(m)}) = \left[\frac{\partial \ln L(.)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_0}, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial \ln L(.)}{\partial \beta_p} \right] \boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\beta}_{(m)}$$

Langkah-langkah dalam estimasi parameter dengan metode Newton-Rapson pada model GWNBR adalah sebagai berikut.

a. Menentukan nilai taksiran awal parameter $\hat{\beta}_0 = [\theta_0 \beta_{00} \dots \beta_{p0}]$ iterasi pada saat $m=0$

b. Membentuk vektor kemiringan (*slope*) \mathbf{g}

$$\mathbf{g}^T(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)})_{(px1) \times 1} = \left[\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial (\theta)}, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial (\beta_0)}, \dots, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial (\beta_p)} \right] \boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\beta}_{(m)} \quad (2.17)$$

c. Membentuk matriks Hessian (\mathbf{H}) seperti berikut.

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \theta^2} & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \theta \partial \beta_0} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \theta \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0^2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p^2} \end{pmatrix} \quad (2.18)$$

d. Substitusi nilai $\hat{\beta}_0$ ke vektor \mathbf{g} dan matriks Hessian \mathbf{H} sehingga diperoleh $\mathbf{g}(\hat{\beta}_0)$ dan $\mathbf{H}(\hat{\beta}_0)$

- e. Melakukan iterasi $m=0$ pada persamaan.

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_{(m)} - H^{-1}_{(m)}(\hat{\beta}_{(m)})g(\hat{\beta}_{(m)}) \quad (2.19)$$

$\hat{\beta}_{(m)}$ adalah sekumpulan penaksir parameter yang konvergen pada iterasi ke- m

Penaksir parameter yang konvergen diperoleh jika $\|\beta_{(m+1)} - \beta_{(m)}\| < \varepsilon$, jika belum memenuhi maka kembali ke langkah b.

2.4.2 Pengujian GWNBR

Pengujian model GWNBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu sebagai berikut.

- a. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model GWNBR berbeda secara signifikan dengan model regresi binomial negatif. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j, j = 1, 2, \dots, p, i = 1, 2, \dots, n$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j$$

Statistik ujinya adalah sebagai berikut.

$$F_{hit} = \frac{\text{deviance model A} / df A}{\text{deviance model B} / df B} \quad (2.20)$$

Model A adalah model regresi binomial negatif dengan derajat bebas $n-p-1$, dan model B adalah model GWNBR yang mengikuti distribusi F dengan derajat bebas p . Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha, df A, df B)}$ yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara model regresi binomial negatif dengan model GWNBR.

- b. Pengujian serentak dan parsial

Uji serentak dan parsial model GWNBR, rumus yang digunakan sama dengan pengujian regresi binomial negatif. Hipotesis untuk uji serentak adalah.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0, \text{ dimana } i=1, 2, \dots, n$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0, j=1, 2, \dots, p$$

Statistik ujinya adalah sebagai berikut.

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Delta = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega}))) \quad (2.21)$$

dimana $\ln(L(\hat{\omega}))$ adalah fungsi log-likelihood model tidak lengkap tanpa melibatkan variabel prediktor sedangkan $\ln(L(\hat{\Omega}))$ adalah fungsi log-likelihood model lengkap melibatkan variabel prediktor. Tolak H_0 jika $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha, p)}$ yang berarti minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, dan dilanjutkan ke uji parsial. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0, j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik ujinya adalah sebagai berikut.

$$Z = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))} \quad (2.22)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hit}| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$, yang berarti parameter ke- j berpengaruh signifikan terhadap variabel respon lokasi ke- i .

2.5 Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah kondisi terdapat korelasi antar variabel prediktor dengan variabel prediktor lain. Adanya korelasi yang tinggi antar variabel mengakibatkan taksiran koefisien parameter model regresi nilai errornya besar. Mendeteksi adanya kasus multikolinearitas dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

- Koefisien korelasi Pearson (r_{ij}) antar variabel prediktor jika lebih dari 0.95 maka terdapat korelasi antar variabel tersebut.
- Nilai *Varian Inflation Factor* (VIF) jika lebih besar dari 10 maka terdapat multikolinearitas antar variabel. Rumus VIF dinyatakan sebagai berikut.

$$VIF_j = \frac{1}{1-R^2} \quad (2.23)$$

dimana R^2 adalah koefisien determinasi antar variabel predictor dengan rumus $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ (Setiawan dan Kusri, 2011).

Solusi untuk mengatasi kasus multikolinearitas dengan mengeluarkan variabel prediktor dari model atau diatasi dengan *Principle Component Analysis* (PCA).

2.6 Pemilihan Model Terbaik

Kriteria dalam memilih model terbaik dapat dilakukan dengan melihat nilai *Akaike's Information Criteria* (AIC). Rumus AIC adalah sebagai berikut.

$$AIC = 2p - 2\ln\hat{L}(\hat{\theta}) \quad (2.24)$$

$\hat{L}(\hat{\theta})$ adalah nilai likelihood sedangkan p adalah jumlah parameter pada model yang terbentuk. Selain AIC memilih model terbaik juga bisa dilihat dari nilai R-Squared. Rumus R-Squared adalah sebagai berikut.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.25)$$

2.7 Peta Tematik

Peta tematik adalah peta yang menyajikan tema tertentu dan untuk kepentingan tertentu dengan menggunakan peta rupabumi yang telah disederhanakan sebagai dasar untuk meletakkan informasi tematiknya (Bakosurtanal, 2005). Untuk dapat melakukan pemetaan dapat dilakukan dengan cara fotogrametris yang akan menghasilkan peta dasar dan cara penginderaan jauh yang akan menghasilkan peta tematik. Berikut adalah langkah-langkah untuk membuat peta tematik. (Juhadi dan Liesnoor, 2001).

- a. Menentukan daerah yang akan dipetakan
Setelah menentukan daerah yang akan kita petakan, selanjutnya mencari banyak referensi tentang daerah tersebut mulai dari kondisi topografi, ketampakan alami, ketampakan buatan, dan lain-lain.

- b. Membuat peta dasar
Peta dasar adalah peta kerangka letak atau lokasi yang nanti akan dilengkapi atau diisi dengan data-data sesuai dengan tema atau isi peta yang akan digambar.
- c. Mengklasifikasikan serta mencari data sesuai dengan kebutuhan
Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, dapat mendatangi kantor pemerintahan setempat atau dengan melakukan observasi lapangan untuk mendapatkan data dengan cara melihat atau menyaksikan secara langsung
- d. Membuat simbol-simbol
Simbol-simbol adalah sebuah tanda yang dianggap bisa mewakili data. Sebuah simbol harus bisa dimengerti secara jelas oleh para pembacanya.
- e. Meletakkan simbol pada peta
Setelah membuat simbol, langkah selanjutnya adalah meletakkan simbol simbol tersebut pada peta dasar.
- f. Mengatur tata letak peta tematik
Merancang tata letak dimaksudkan agar peta benar-benar komunikatif serta mudah dibaca dan ditafsirkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan pengguna peta. Adapun unsur-unsur peta yang perlu diatur posisinya adalah judul peta, skala peta, legenda, koordinat lintang dan bujur, inset peta, sumber data, serta informasi-informasi lain.
- g. Membuat keterangan atau legenda
Legenda atau keterangan berisi tentang keterangan tentang simbol-simbil yang mewakili data. Legenda ini harus ditempatkan pada bagian yang kosong sehingga bisa terbaca dengan jelas.
- h. Melengkapi peta dengan *lettering* yang baik dan benar
Lettering merupakan tata cara penulisan pada peta bertujuan memberikan identitas pada suatu wilayah

2.8 Jumlah Kematian Ibu

Jumlah Kematian Ibu menurut Utomo yang dikutip oleh BPS adalah kematian selama kehamilan atau dalam periode 42 hari setelah berakhirnya kehamilan, akibat semua sebab yang terkait dengan atau diperberat oleh kehamilan atau penanganannya, tetapi bukan disebabkan oleh kecelakaan atau cedera. Informasi tentang jumlah kematian ibu bermanfaat untuk pengembangan kesehatan reproduksi, terutama pelayanan kehamilan dan membuat kehamilan yang aman bebas risiko tinggi, program peningkatan jumlah kelahiran yang dibantu oleh tenaga kesehatan, penyiapan sistem rujukan dalam penanganan komplikasi kehamilan, penyiapan keluarga dan suami siaga dalam menyongsong kelahiran, yang semuanya bertujuan untuk mengurangi jumlah kematian dan meningkatkan derajat kesehatan reproduksi. Jumlah kematian ibu mempengaruhi Angka Kematian Ibu (AKI). (BPS, 2017).

AKI merupakan salah satu indikator untuk melihat derajat kesehatan perempuan. AKI adalah salah satu tujuan MDGs untuk meningkatkan kesehatan ibu dengan mengurangi sampai $\frac{3}{4}$ resiko jumlah kematian ibu. Rendahnya kesadaran masyarakat menjadi faktor penentu angka kematian. Penyebab kematian yang sering muncul adalah pendarahan, keracunan kehamilan yang disertai kejang-kejang, aborsi, dan infeksi. Faktor lain penyebab kematian ibu yaitu pemberdayaan perempuan yang tak begitu baik, latar belakang pendidikan yang tidak sampai perguruan tinggi sehingga informasi yang dicerna berbeda dengan ibu yang lulusan perguruan tinggi, sosial ekonomi keluarga seperti penduduk yang tidak mampu sehingga ibu hamil tidak mendapat fasilitas kesehatan yang layak, lingkungan masyarakat seperti adat istiadat di pedesaan dan perkotaan yang berbeda, dan politik. Kaum lelaki juga dituntut untuk ikut aktif dalam permasalahan bidang reproduksi ibu (STI&K, 2010).

Menurut Dinas Kesehatan Jawa Timur indikator yang mempengaruhi kematian ibu di tiap daerah antara lain.

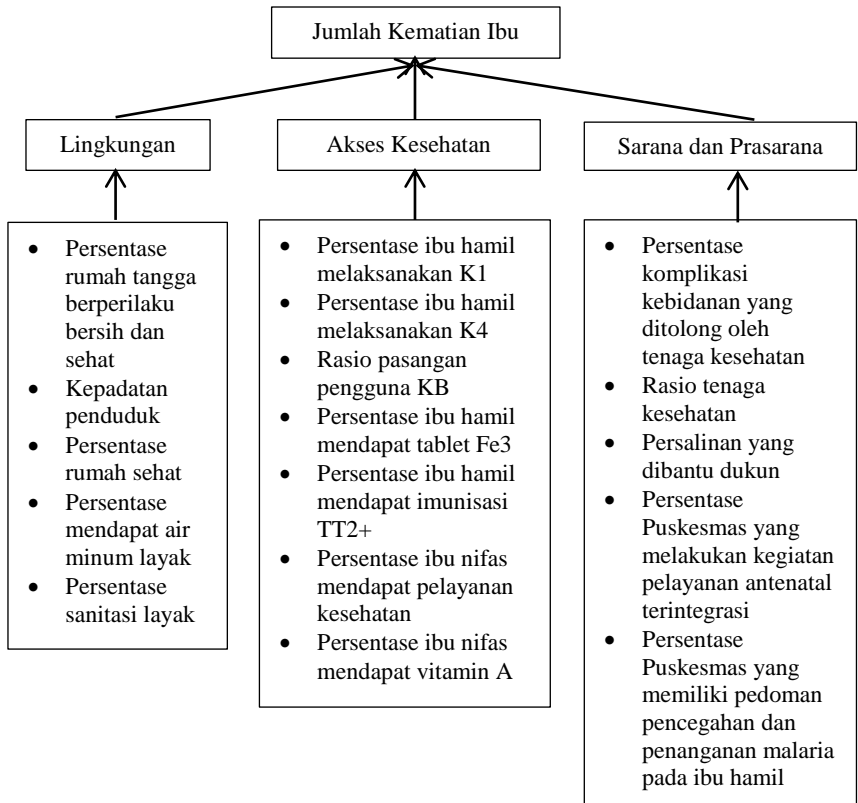
- a. Ibu hamil yang melaksanakan program K1 adalah ibu hamil yang memperoleh pelayanan antenatal pertama kali
- b. Ibu hamil yang melaksanakan program K4 adalah ibu hamil yang memperoleh pelayanan antenatal sesuai dengan standar minimal 4 kali sesuai jadwal yang dianjurkan di tiap trimester
- c. Pasangan yang melakukan program KB adalah pasangan usia subur yang menggunakan KB baru dan aktif. Usia pasangan subur ini berada pada rentang usia 15 hingga 49 tahun dan istri masih haid atau umur istri berumur kurang dari 15 tahun tetapi sudah haid atau istri berumur 50 tahun tetapi masih haid.
- d. Komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan contohnya yaitu seperti syok, emboli air ketuban, dan pendarahan. Komplikasi persalinan misalnya ketuban pecah dini, persalinan prematur, dan kelainan dalam posisi janin. Komplikasi selama nifas misalnya pendarahan dan suhu tubuh naik hingga 38 derajat celcius selama lebih dari 2 hari berturut-turut (sepsis nifas).
- e. Ibu hamil yang mendapatkan zat besi Fe³ adalah ibu hamil yang mendapatkan tablet zat besi sebanyak 90 tablet. Ibu hamil lebih rentan terkena anemia karena kekurangan zat besi dan salah satu penyebab kematian ibu yang fatal. Ketika hamil zat besi yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan kondisi seseorang yang tidak mengandung karena janin juga menyerap nutrisi dari ibu
- f. Ibu hamil yang mendapatkan imunisasi TT2+ adalah ibu hamil yang melakukan imunisasi tetanus rutin
- g. Banyak tenaga kesehatan yang dibutuhkan mencakup dokter umum, dokter spesialis, bidan, dan perawat di Puskesmas, rumah sakit, dinas kesehatan, dan sarana kesehatan lain
- h. Pelayanan kesehatan ibu nifas adalah banyak ibu bersalin yang mendapat pelayanan kesehatan di Puskesmas, rumah sakit, dan sarana kesehatan lain. Pelayanan ibu nifas atau

bersalin seperti perawatan bayi baru lahir, penenganan setelah persalinan seperti pemantauan pada ibu dan bayi yang baru lahir jika sewaktu-waktu terjadi komplikasi, dan melakukan kunjungan atau memberikan konsultasi untuk membantu ibu dalam merawat dan menjaga nutrisi bayi yang baru lahir.

- i. Ibu nifas yang mendapat vitamin A adalah ibu bersalin yang mendapat vitamin A
- j. Rumah tangga berperilaku bersih dan sehat adalah jumlah rumah tangga yang menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat yang memenuhi indikator.
 1. Pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan
 2. Bayi diberi ASI eksklusif
 3. Balita ditimbang setiap bulan
 4. Menggunakan air bersih
 5. Mencuci tangan dengan air bersih dan sabun
 6. Menggunakan jamban sehat
 7. Memberantas jentik seminggu sekali
 8. Makan sayur dan buah setiap hari
 9. Melakukan aktifitas fisik setiap hari
 10. Tidak merokok di dalam rumah

2.9 Kerangka Konseptual

Diagram jalur model kerangka konseptual untuk menggambarkan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor dalam penelitian ini bersumber dari Profil Kesehatan Jawa Timur 2015, bentuknya sebagai berikut.



Gambar 2.1 Kerangka Konseptual Penelitian

Jumlah kematian ibu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pada Gambar 2.1. Penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel adalah sebagai berikut.

- a. Qomariyah (2013) tentang jumlah kematian ibu di Jawa Timur tahun 2011, variabel yang mempengaruhi AKI yaitu persentase kunjungan ibu hamil K1, persentase ibu nifas yang mendapat pelayanan kesehatan, persentase Puskesmas yang melakukan kegiatan pelayanan antenatal terintegrasi

dan Puskesmas yang memiliki pedoman pencegahan dan penanganan malaria pada ibu hamil.

- b. Pertiwi (2012) tentang angka kematian ibu di Jawa Timur tahun 2010, variabel yang berpengaruh yaitu persentase persalinan yang dibantu oleh dukun, persentase rumah tangga berperilaku sehat, dan persentase sarana kesehatan di tiap kabupaten atau kota
- c. Aristia (2013) dengan studi kasus AKI di Jawa Timur tahun 2011, variabel yang signifikan secara global adalah persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data sekunder yang diambil dari Profil Kesehatan Jawa Timur tahun 2015 oleh Dinas Kesehatan Jawa Timur, yakni sebanyak 38 kota dan kabupaten di Jawa Timur.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini didapatkan dari Profil Kesehatan Jawa Timur 2015 oleh Dinas Kesehatan Jawa Timur. Variabelnya adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Keterangan	Variabel
Jumlah kematian ibu tahun 2015 per kota dan kabupaten di Jawa Timur	y
Persentase ibu hamil yang melaksanakan program K1	X ₁
Persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4	X ₂
Rasio pasangan yang melaksanakan program KB	X ₃
Persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan	X ₄
Persentase ibu hamil yang mendapatkan zat besi Fe3	X ₅
Persentase ibu hamil yang mendapatkan imunisasi TT2+	X ₆
Rasio tenaga kesehatan di tiap kabupaten dan kota	X ₇
Persentase ibu nifas atau bersalin yang mendapat pelayanan kesehatan	X ₈
Persentase ibu nifas atau bersalin yang mendapat vitamin A	X ₉
Persentase rumah tangga berperilaku bersih dan sehat	X ₁₀

3.3 Definisi Operasional

Definisi operasional tiap variabel prediktor menurut Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut.

- a. Persentase ibu hamil yang melaksanakan program K1 (X_1) adalah banyak ibu hamil yang memperoleh pelayanan antenatal pertama kali dibandingkan jumlah sasaran ibu hamil di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- b. Persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4 (X_2) adalah banyak ibu hamil yang memperoleh pelayanan antenatal sesuai dengan standar minimal 4 kali sesuai jadwal yang dianjurkan di tiap trimester dibandingkan jumlah sasaran ibu hamil di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- c. Rasio pasangan yang melakukan program KB (X_3) adalah perbandingan pasangan usia subur yang menggunakan KB baru dan aktif dengan total penduduk di tiap kota atau kabupaten

$$\text{rasio pasangan pengguna KB} = \frac{\text{jumlah pengguna KB}}{\text{banyak penduduk}}$$

- d. Persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan (X_4) adalah banyak ibu hamil yang bersalin ditolong dibandingkan perkiraan ibu hamil yang mengalami komplikasi kebidanan di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- e. Persentase ibu hamil yang mendapatkan zat besi Fe3 (X_5) adalah banyak ibu hamil yang mendapatkan tablet zat besi sebanyak 90 tablet dibandingkan jumlah sasaran ibu hamil di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- f. Persentase ibu hamil yang mendapatkan imunisasi TT2+ (X_6) adalah banyak ibu hamil yang melakukan imunisasi tetanus rutin dibandingkan total wanita usia subur di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- g. Rasio tenaga kesehatan (X_7) adalah perbandingan tenaga kesehatan mencakup dokter umum, dokter spesialis, bidan, dan perawat di Puskesmas, rumah sakit, dinas kesehatan, dan sarana kesehatan lain per 100.000 penduduk di tiap kabupaten atau kota

$$\text{rasio tenkes} = \frac{\text{jumlah tenkes}}{\text{banyak penduduk}} \times 100000$$

- h. Persentase ibu nifas atau ibu bersalin yang pelayanan kesehatan (X_8) adalah banyak ibu bersalin yang mendapat pelayanan kesehatan di Puskesmas, rumah sakit, dan sarana kesehatan lain dibandingkan total ibu nifas di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- i. Persentase ibu nifas yang mendapat vitamin A (X_9) adalah jumlah ibu bersalin yang mendapat vitamin A dibandingkan total ibu nifas di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun
- j. Persentase rumah tangga berperilaku bersih dan sehat (X_{10}) adalah jumlah rumah tangga yang menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat dibandingkan jumlah rumah tangga yang dipantau dalam kurun waktu 1 tahun yang memenuhi indikator.
 1. Pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan
 2. Bayi diberi ASI eksklusif
 3. Balita ditimbang setiap bulan
 4. Menggunakan air bersih
 5. Mencuci tangan dengan air bersih dan sabun
 6. Menggunakan jamban sehat
 7. Memberantas jentik seminggu sekali
 8. Makan sayur dan buah setiap hari
 9. Melakukan aktifitas fisik setiap hari
 10. Tidak merokok di dalam rumah

3.4 Langkah Penelitian

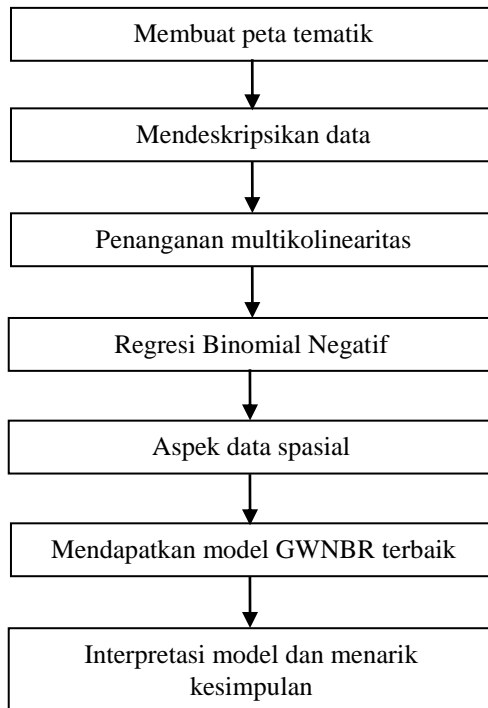
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat peta tematik jumlah kematian ibu dan variabel bebas yang lain
 - a. Menentukan daerah yang ingin dipetakan
 - b. Membuat peta dasar

- c. Mengklasifikasikan dan mencari data sesuai dengan keinginan
- d. Membuat simbol-simbol
- e. Melatakan simbol pada peta
- f. Mengatur tata letak peta tematik
- g. Membuat keterangan atau legenda
- h. Melengkapi peta dengan *lettering* yang baik dan benar
- 2. Mendeskripsikan kasus angka kematian ibu di Jawa Timur
- 3. Mendeteksi adanya kasus multikolinearitas pada variabel prediktor. Jika ditemukan multikolinearitas karena nilai VIF lebih dari 10, maka variabel prediktor dihapus
- 4. Melakukan pengujian spasial
 - a. Pengujian heterogenitas
 - b. Pengujian dependensi
- 5. Mendapatkan model GWNBR
 - a. Menghitung jarak *Euclidean* antar titik lokasi pengamatan
 - b. Mendapatkan *bandwidth* optimal dengan macam-macam *fixed kernel* dan *adaptive kernel*
 - c. Menghitung matriks pembobot
 - d. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan model regresi binomial negatif
 - e. Pengujian signifikansi parameter secara serentak dan parsial
 - f. Intepretasi model GWNBR dan membentuk peta pengelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan

3.5 Diagram Alir

Dari langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dalam diagram alir. Diagram alir menggambarkan proses yang harus dilalui dalam penelitian. Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada analisis dan pembahasan dalam penelitian ini untuk menjawab rumusan masalah yang dikemukakan dalam bab I dengan mengolah data jumlah kematian ibu di Jawa Timur tahun 2015 dan variabel yang diduga mempengaruhi dalam bentuk peta tematik, pengecekan multikolinearitas, regresi binomial negatif, serta analisis dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu di tiap daerah di Jawa Timur. Berikut merupakan analisis dan pembahasan yang dilakukan.

4.1 Karakteristik Jumlah Kematian Ibu dan Faktor-faktor yang Diduga Mempengaruhi

Jumlah kematian ibu dikelompokkan menjadi 3 yaitu tinggi, sedang dan rendah. Digunakan tiga pengelompokkan karena tidak ada acuan pengelompokkan variabel maka digunakan pengelompokkan dengan menggunakan interval kepercayaan *mean*. Sepuluh faktor yang diduga mempengaruhi juga dikelompokkan menjadi 3 yaitu tinggi, sedang, dan rendah.

Hasil pengolahan dengan statistika deskriptif dapat dilihat di Lampiran 2. Dari hasil pengolahan statistika deskriptif, menunjukkan bahwa variabel X_7 atau rasio tenaga kesehatan dan X_6 atau persentase ibu hamil yang mendapat imunisasi TT2+ memiliki varians terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa tiap daerah yang satu dengan lainnya memiliki banyak tenaga kesehatan dan banyak ibu hamil yang mendapat imunisasi TT2+ berbeda-beda. Variabel yang memiliki varians terkecil adalah X_3 atau rasio pasangan yang melaksanakan KB. Hal ini menunjukkan bahwa pasangan yang melaksanakan KB di tiap daerah yang satu dengan lainnya relatif sama. Berikut hasil pemetaan jumlah kematian ibu dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi.

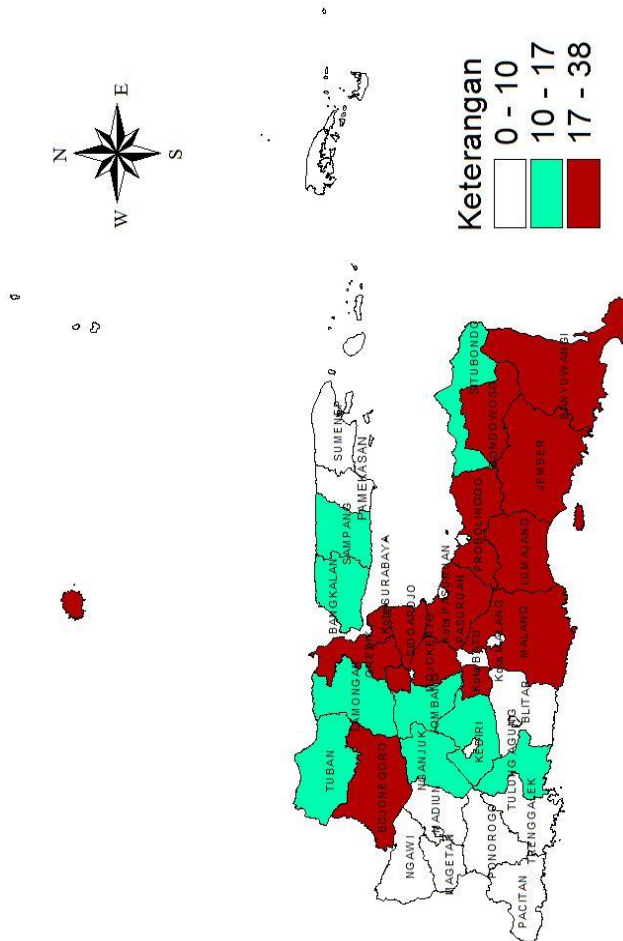
4.1.1 Jumlah Kematian Ibu

Jumlah kematian ibu di Jawa Timur tahun 2015 sebanyak 515 kematian yang jumlahnya menurun dibandingkan tahun sebelumnya. Jumlah kematian ibu yang terbesar terletak di Kota Surabaya dengan 38 kematian dan yang paling sedikit terletak di Kabupaten Blitar dan Kota Madiun dengan 0 kematian.

Berikut ini terdapat gambaran awal tentang jumlah kematian ibu di Jawa Timur dengan menggunakan peta tematik. Jumlah kematian ibu di Jawa Timur dalam peta tematik berikut terbagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok jumlah kematian ibu yang diatas rata-rata (tinggi) dan kelompok yang dibawah rata-rata (rendah) yang dapat dilihat di Gambar 4.1

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa daerah yang jumlah kematian ibu tinggi sebanyak 14 kabupaten atau kota, sedangkan daerah yang jumlah kematian ibu sedang sebanyak 8 kabupaten atau kota, sisanya kelompok jumlah kematian ibu sedang sebanyak 16. Jumlah kematian ibu yang rendah berada pada rentang 0-10 kematian dan jumlah kematian ibu yang tinggi berada pada rentang 17 hingga 38 kematian.

Kasus kematian terendah yaitu sebanyak 0 kasus berada di Kota Madiun dan Kabupaten Blitar dan kasus kematian tertinggi yaitu sebanyak 38 kasus berada di Kota Surabaya. Penyebab kasus jumlah kematian ibu di Kota Madiun dan Kabupaten Blitar di data tercatat 0 kematian karena Dinas Kesehatan setempat mengambil sampel di beberapa tempat misalnya di beberapa institusi kesehatan seperti puskesmas, klinik kesehatan, posyandu, tempat persalinan yang kebetulan di beberapa tempat tersebut tidak menjumpai kasus kematian ibu. Selain itu ada beberapa tempat yang belum tercatat oleh Dinas Kesehatan yang belum melaporkan status jumlah kematian ibu terbaru.



Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur

4.1.2 Persentase Ibu Hamil yang Melaksanakan Program K1

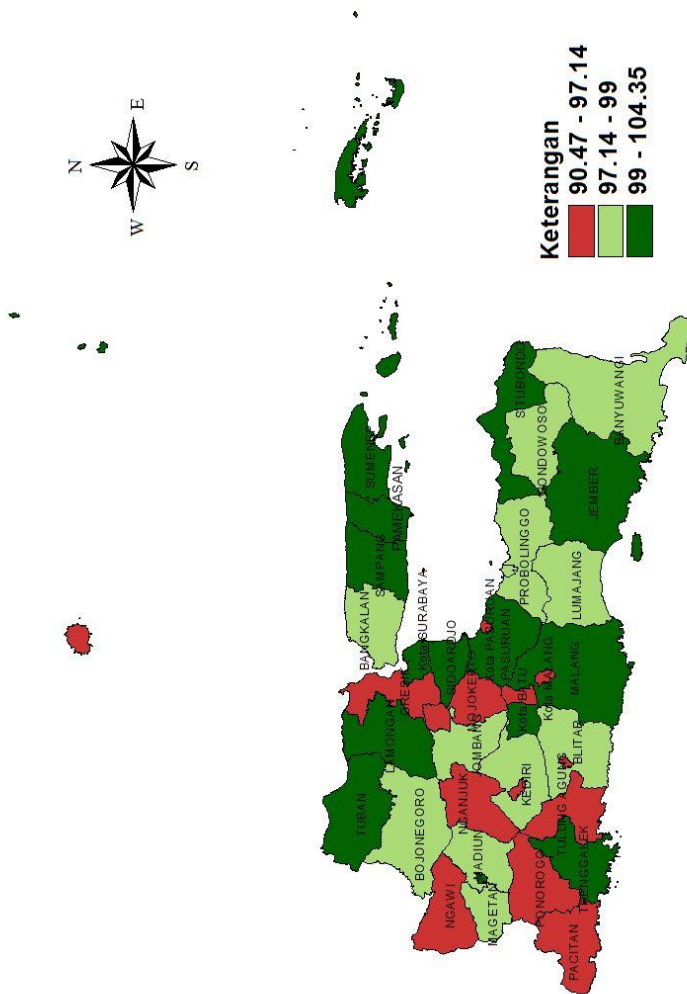
Program pemerintah untuk menurunkan jumlah kematian ibu dengan menggalakkan program K1. Program K1 adalah ibu hamil yang mendapat pelayanan antenatal pertama kali di Puskesmas, rumah sakit, klinik kesehatan, dan institusi kesehatan lainnya dalam kurun waktu 1 tahun atau selama masa kehamilan (9 bulan). Berikut ini ditampilkan peta tematik persebaran persentase ibu hamil yang melaksanakan program K1 di Provinsi Jawa Timur.

Kelompok ibu hamil yang melaksanakan program K1 dengan persentase tinggi sebanyak 13 kabupaten atau kota yang ditandai warna hijau tua. Kelompok ibu hamil yang melaksanakan program K1 persentasenya rendah yang ditandai dengan warna merah sebanyak 13 kabupaten atau kota, sisanya merupakan kelompok ibu hamil melaksanakan program K1 dengan persentase sedang yang ditandai warna hijau muda.

Daerah perkotaan seperti Kota Malang dan Kota Kediri yang memiliki fasilitas kesehatan lengkap dibandingkan di daerah kabupaten masih tergolong dibawah rata-rata. Hal itu bisa disebabkan karena penduduk di daerah perkotaan tidak sebanyak di daerah kabupaten, juga wilayah perkotaan tidak seluas di daerah kabupaten.

Terdapat angka yang melebihi 100 persen bisa saja disebabkan terdapat ibu hamil yang belum terdata tetapi sudah melaksanakan program K1. Daerah tertinggi yang melaksanakan program K1 berada di Kabupaten Sumenep.

Daerah dengan persentase K1 tertinggi di 3 provinsi Pulau Madura terlihat mengumpul karena persentasenya tidak jauh beda. Hal tersebut disebabkan karena tingkat kesadaran dan kepedulian ibu hamil untuk kesehatan bayi atau janinnya tinggi.



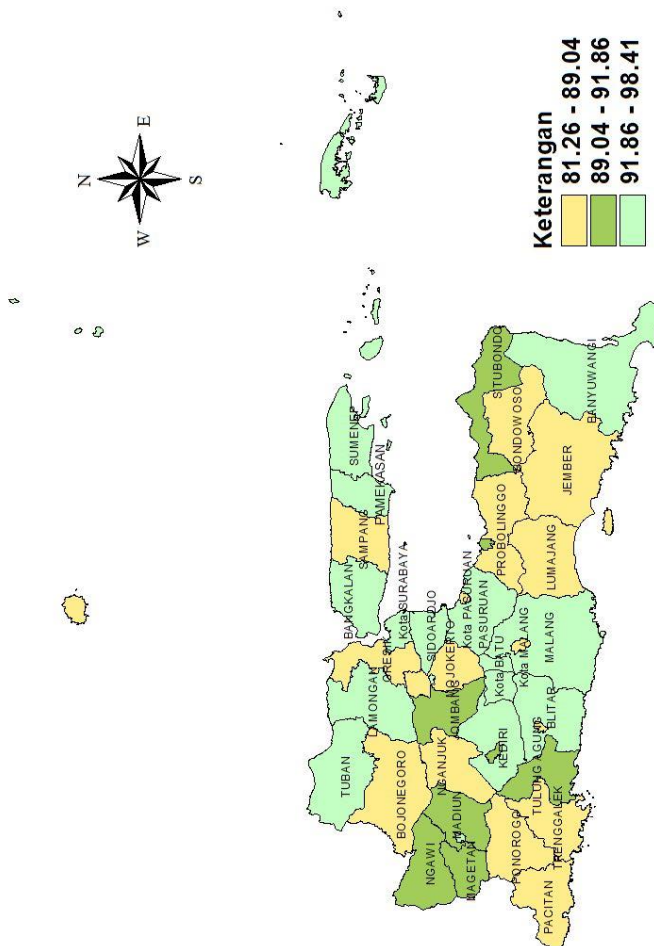
Gambar 4.2 Persebaran Persentase Ibu Hamil Melaksanakan K1

4.1.3 Persentase Ibu Hamil yang Melaksanakan Program K4

Program K4 adalah ibu hamil yang mendapatkan pelayanan antenatal sebanyak 4 kali dalam kurun waktu 1 tahun atau selama masa kehamilan (9 bulan). Ibu hamil yang melaksanakan program K4 biasanya sudah melaksanakan program K1. Berikut gambaran persebaran persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4 yang ditampilkan dalam Gambar 4.3

Terdapat 14 kabupaten atau kota yang masuk kelompok persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4 yang tinggi. Daerah tersebut ditandai dengan warna hijau kebiruan. Kelompok dengan persentase sedang berada pada rentang 89.04 hingga 91.86 persen yang ditandai dengan warna hijau muda sebanyak 8 kabupaten atau kota. Daerah terendah yang persentasenya sebesar 81.26 persen berada di Kabupaten Nganjuk dan yang tertinggi dengan persentase sebesar 98.41 persen berada di Kota Surabaya. Tertinggi kedua berada di Kabupaten Malang sebesar 97, 6 persen.

Pada Gambar 4.3, Kabupten Malang, Blitar, Kediri, Sidoarjo, Pasuruan, Kota Surabaya dan Kota Batu terlihat daerahnya mengumpul dalam satu kelompok karena persentase ibu hamil yang melaksanakan program K4 tidak jauh berbeda yaitu diatas 93 persen. Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, dan Kabupaten Malang memiliki fasilitas kesehatan yang lengkap. Hal itu bisa dilihat dari ketiga daerah tersebut menduduku posisi tertinggi dalam pelaksanaan program K4. Program K4 tersebut juga tak lepas dari partisipasi dan kesadaran ibu hamil untuk mencapai kesehatan ibu dan janin yang lebih baik.



Gambar 4.3 Persebaran Persentase Ibu Hamil Melaksanakan K4

4.1.4 Rasio Pasangan yang Melaksanakan Program KB

Rasio pasangan yang melakukan program KB adalah perbandingan pasangan usia subur yang menggunakan KB baru dan aktif dengan banyak penduduk di suatu kabupaten atau kota. Usia pasangan subur ini berada pada rentang usia 15 hingga 49 tahun dan istri masih haid atau umur istri berumur kurang dari 15 tahun tetapi sudah haid atau istri berumur 50 tahun tetapi masih haid. Berikut gambaran peta tematik untuk rasio pasangan yang melaksanakan program KB.

Warna coklat menggambarkan daerah yang memiliki rasio pasangan yang melaksanakan KB dengan kategori rendah, warna hijau menggambarkan daerah yang memiliki rasio pasangan yang melaksanakan KB dengan kategori sedang, dan warna biru tua adalah kelompok yang tinggi dalam rasio pasangan melaksanakan KB. Kabupaten Bangkalan adalah daerah terendah dalam melaksanakan program KB dan Kabupaten Sampang adalah daerah tertinggi dalam melaksanakan program KB.

Kelompok yang melaksanakan program KB rendah sebanyak 16 kabupaten atau kota. Kabupaten Probolinggo, Kota Surabaya, Kabupaten Gresik, Lamongan, Bojonegoro, Jombang, dan Trenggalek adalah daerah dengan rasio pasangan melaksanakan KB sedang, sisanya merupakan kelompok yang melaksanakan program KB tinggi.

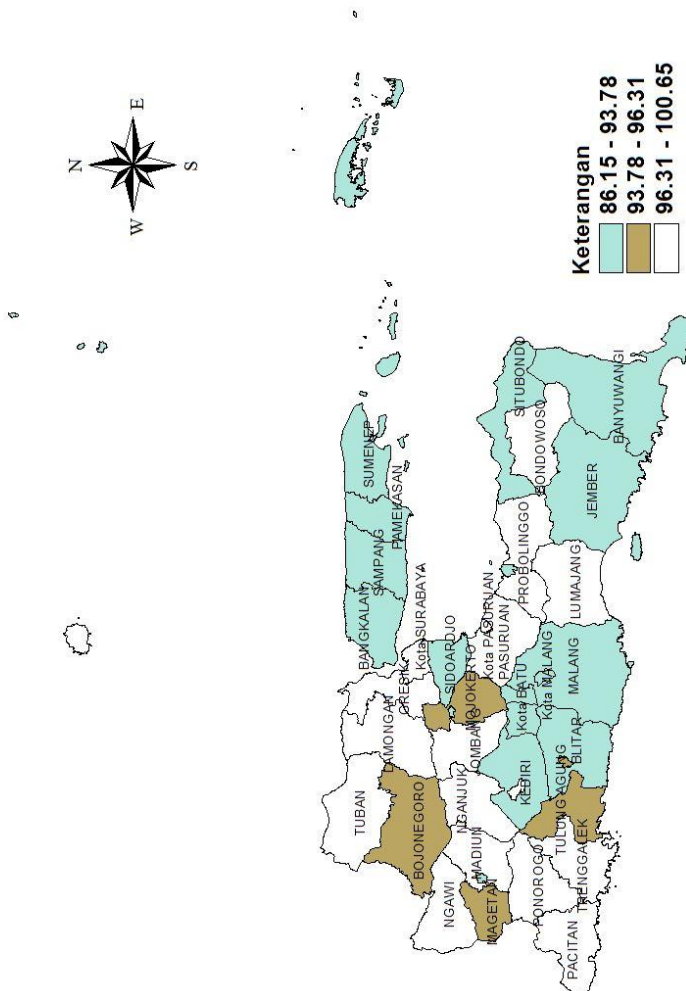
4.1.5 Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan

Persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan adalah banyak ibu hamil yang bersalin ditolong dibandingkan perkiraan ibu hamil yang mengalami komplikasi kebidanan di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun. Komplikasi kebidanan merupakan kesakitan pada ibu hamil, ibu bersalin, dan ibu nifas yang dapat mengancam ibu dan bayi.

Komplikasi kehamilan seperti syok, emboli air ketuban, dan pendarahan. Komplikasi persalinan misalnya ketuban pecah dini, persalinan prematur, dan kelainan dalam posisi janin. Komplikasi selama nifas misalnya pendarahan dan suhu tubuh naik hingga 38 derajat celcius selama lebih dari 2 hari berturut-turut (sepsis nifas). Berikut gambaran persebaran persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan.

Daerah yang ditandai warna biru muda adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan yang rendah dengan rentang 86.15 hingga 93.78 persen, sedangkan daerah yang ditandai warna coklat adalah persentase komplikasi kebidanan yang ditolong oleh tenaga kesehatan sedang dengan rentang 93.78 hingga 96.31 persen.

Kelompok kategori rendah sebanyak 15 kabupaten atau kota, kelompok kategori tinggi sebanyak 17 kabupaten atau kota sisanya masuk kelompok sedang. Kabupaten Bondowoso merupakan daerah terendah dalam pelayanan untuk penanganan komplikasi kebidanan dan Kabupaten Sampang merupakan daerah tertinggi dengan persentase 100.65 persen.



Gambar 4.5 Persebaran Persentase Komplikasi Kebidanan yang Ditolong Oleh Tenaga Kesehatan

4.1.6 Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Fe3

Persentase ibu hamil yang mendapatkan zat besi atau tablet Fe3 adalah banyak ibu hamil yang mendapatkan tablet zat besi sebanyak 90 tablet dibandingkan jumlah sasaran ibu hamil di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun atau selama masa kehamilan (9 bulan). Ibu hamil lebih rentan terkena anemia karena kekurangan zat besi dan salah satu penyebab kematian ibu yang fatal. Ketika hamil zat besi yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan kondisi seseorang yang tidak mengandung karena janin juga menyerap nutrisi dari ibu. Kurangnya zat besi ditandai dengan cepat lelah dan pusing. Berikut gambaran peta tematik persebaran persentase ibu hamil yang mendapat tablet Fe3 pada Gambar 4.6

Warna biru muda memiliki nilai rentang 80.41 hingga 87.80 persen atau masuk dalam kelompok persentase ibu hamil yang mendapat tablet zat besi kategori rendah, warna putih merupakan kelompok ibu hamil mendapat tablet zat besi dengan kategori tinggi, warna coklat merupakan kelompok sedang. Sebanyak 11 daerah masuk kelompok yang ditandai warna biru muda, 12 kabupaten atau kota masuk kelompok sedang, dan sisanya masuk kelompok yang ditandai warna putih.

Daerah dengan persentase pemberian tablet zat besi terendah berada di Kabupaten Mojokerto dan daerah dengan persentase pemberian tablet zat besi tertinggi berada di Kota Madiun. Kota Madiun persentase pemberian zat besinya tertinggi karena penduduk di Kota Madiun dalam konsumsi zat besi termasuk cukup tinggi, sehingga kesadaran ibu hamil dalam mengonsumsi zat besi juga ikut tinggi.

4.1.7 Persentase Ibu Hamil yang Mendapat Imunisasi TT2+

Persentase ibu hamil yang mendapatkan imunisasi TT2+ adalah banyak ibu hamil yang melakukan imunisasi tetanus rutin dibandingkan total wanita usia subur di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun.

Terdapat 11 daerah masuk dalam kelompok persentase ibu hamil mendapat imunisasi TT2+ sedang. Sebanyak 8 daerah masuk kelompok tinggi sedangkan sisanya masuk kelompok tinggi. Kelompok yang dibawah rata-rata ditandai dengan warna biru muda dan warna kuning adalah daerah dengan kelompok mendapat imunisasi diatas rata-rata.

Kota Kediri, Kabupaten Nganjuk, Magetan, Blitar, Trenggalek, dan Gresik adalah daerah paling rendah dalam pelaksanaan pemberian imunisasi TT2+ kepada ibu hamil dengan persentasenya sebesar 0 persen. Kota Probolinggo adalah daerah tertinggi dalam pelaksanaan pemberian imuniasi dengan persentase sebesar 282 persen. Pemberian imunisasi TT2+ yang diatas 100 persen selain Kota Probolinggo yaitu Kota Mojokerto dan Kabupaten Lamongan. Hal yang menyebabkan nilai persentase diatas 100 persen karena banyak ibu hamil yang belum terdata sebelum adanya imunisasi.

Daerah di Jawa Timur terdapat daerah yang terlihat mengumpul dalam satu kelompok dan ada yang dalam satu kelompok tetapi berpencar-pencar. Hal itu disebabkan karenafaktor usia, pendidikan, pekerjaan, ekonomi, dukungan keluarga dan dukungan masyarakat, serta faktor yang berpengaruh secara ekologis seperti kepercayaan, tradisi atau budaya lokal, ketersediaan fasilitas, dan faktor lainnya.

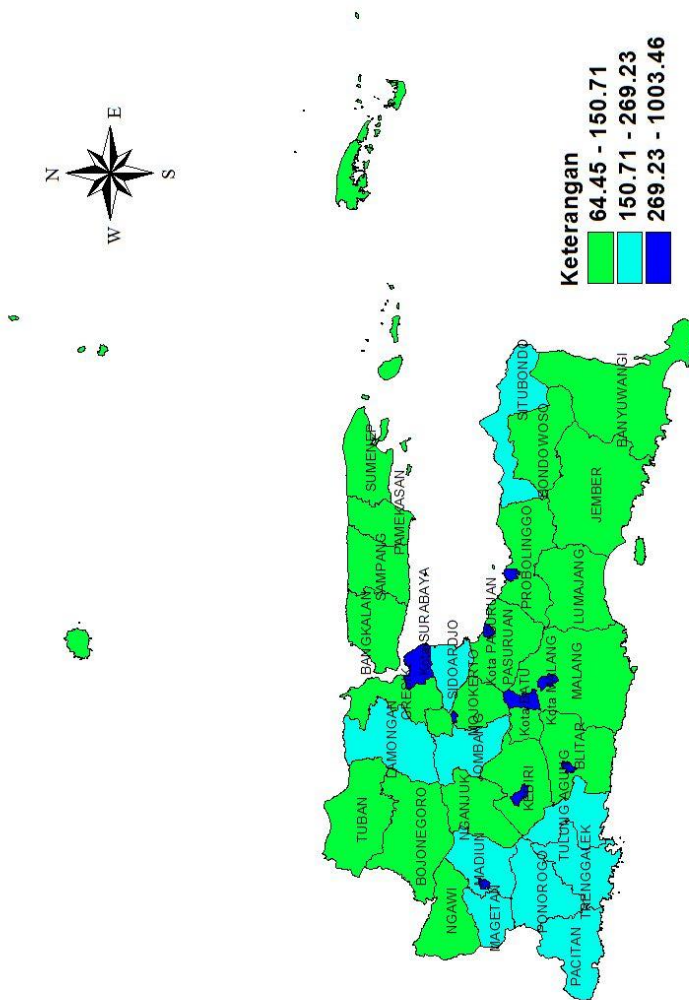
4.1.8 Rasio Tenaga Kesehatan

Rasio tenaga kesehatan adalah perbandingan tenaga kesehatan mencakup dokter umum, dokter spesialis, bidan, dan perawat di Puskesmas, rumah sakit, dinas kesehatan, dan sarana kesehatan lain per 100.000 penduduk di tiap kabupaten atau kota. Tenaga kesehatan di tiap daerah berbeda karena menyesuaikan jumlah penduduk. Jika penduduknya banyak maka tenaga kesehatan yang dibutuhkan juga banyak tetapi jika penduduk di daerah tersebut tidak terlalu banyak maka tenaga kesehatan yang dibutuhkan juga sedikit.

Terdapat 9 daerah yang rasio tenaga kesehatannya dalam kategori tinggi ditandai dengan warna biru tua, 10 daerah dengan rasio tenaga kesehatan yang sedang, sisanya merupakan daerah yang memiliki rasio tenaga kesehatan yang rendah ditandai dengan warna hijau. Daerah yang memiliki jumlah tenaga kesehatan terendah berada di Kabupaten Sumenep dan Kota Madiun memiliki jumlah tenaga kesehatan tertinggi dengan rasio 1003.46.

Rentang kelompok rendah rasio tenaga kesehatan adalah 64.45 hingga 150.71, untuk kelompok sedang rentangnya 150.71 hingga 269.23, dan kelompok yang tinggi rentangnya 262.23 hingga 1003.46. Kelompok yang memiliki rasio tenaga kesehatan tinggi paling banyak berada di wilayah perkotaan.

Jumlah tenaga kesehatan di beberapa tempat bervariasi disebabkan karena profesi seperti dokter perlu tingkat pendidikan yang ditempuh harus tinggi dan biaya yang dibutuhkan juga mahal. Universitas atau institut kesehatan biasanya banyak di daerah perkotaan sehingga tenaga kesehatan yang melakukan praktek di daerah perkotaan lebih banyak daripada di daerah kabupaten.



Gambar 4.8 Persebaran Rasio Tenaga Kesehatan

4.1.9 Persentase Ibu Nifas atau Bersalin yang Mendapat Pelayanan Kesehatan

Persentase pelayanan kesehatan ibu nifas adalah banyak ibu bersalin yang mendapat pelayanan kesehatan di Puskesmas, rumah sakit, dan sarana kesehatan lain dibandingkan total ibu nifas di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun. Pelayanan ibu nifas atau bersalin seperti perawatan bayi baru lahir, penenganan setelah persalinan seperti pemantauan pada ibu dan bayi yang baru lahir jika sewaktu-waktu terjadi komplikasi, dan melakukan kunjungan atau memberikan konsultasi untuk membantu ibu dalam merawat dan menjaga nutrisi bayi yang baru lahir.

Kelompok yang persentase pelayanan kesehatan ibu nifas yang tinggi ditandai warnabiru tua sebanyak 16 kabupaten atau kota. Kelompok persentase pelayanan kesehatan ibu nifas yang rendah sebanyak 8 kabupaten atau kota yang ditandai warna ungu. Sisanya masuk dalam kelompok rendah. Daerah yang memiliki persentase tertinggi dalam pelayanan kesehatan ibu nifas berada di Kabupaten Malang dan yang terendah berada di Kabupaten Bondowoso.

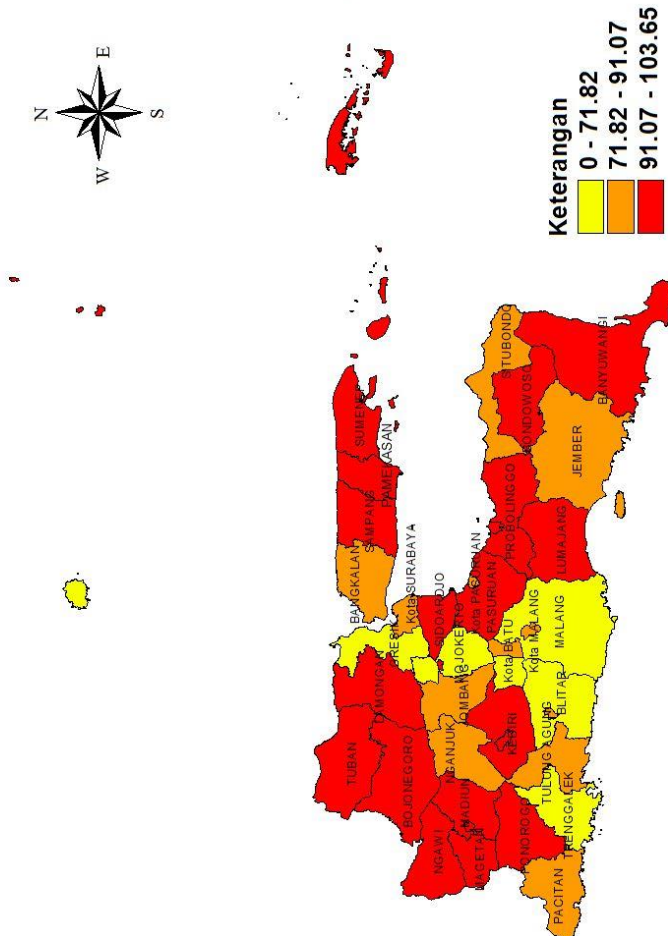
Tiap daerah mempunyai fasilitas kesehatan yang berbeda-beda karena disebabkan faktor banyak sumber daya manusia seperti tenaga kesehatan di tiap daerah berbeda-beda sehingga pelayanan yang diberikan juga berbeda. Selain itu perbekalan dan distribusi obat-obatan ada yang tidak sesuai dengan ketentuan perundang-undangan dan pengawasan atau pengamanan mutu obat yang masih belum optimal serta terjadi tumpang tindih antara kewenangan antara Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan dengan pemerintah provinsi Jawa Timur.

4.1.10 Persentase Ibu Nifas atau Bersalin yang Mendapat Vitamin A

Persentase ibu nifas yang mendapat vitamin A adalah jumlah ibu bersalin yang mendapat vitamin A dibandingkan total ibu nifas di tiap kota atau kabupaten pada kurun waktu 1 tahun. Manfaat vitamin A untuk ibu hamil yaitu bagi pertumbuhan janin meliputi pemacu pertumbuhan hati, pertumbuhan embrio, pengembangan jantung, paru-paru, ginjal, mata, tulang, pernapasan dan sistem saraf pusat,serta memperlancar sistem peredaran darah pada bayi yang masih ada dalam kandungan. Vitamin A membantu ibu hamil dalam mempermudah proses kelahiran secara normal serta menjaga terjadinya infeksi pada proses persalinan.

Terdapat 6 daerah yang masuk dalam kelompok persentase ibu nifas yang mendapat vitamin A dibawah rata-rata yang ditandai warna kuning. Daerah tersebut adalah Kabupaten Malang, Trenggalek, Gresik, Bangkalan, Blitar, dan Mojokerto. Sebelas kabupaten atau kota masuk kelompok sedang dalam pemberian vitamin A untuk ibu nifas atau bersalin. Dengan rentang persentasenya 71.82 hingga 91.07 Daerah yang memiliki persentase terendah dalam pemberian vitamin A kepada ibu nifas yaitu di Kabupaten Trenggalek, Gresik, Blitar, dan Mojokerto dengan persentase sebesar 0 persen. Daerah yang memiliki persentase tertinggi dalam pemberian vitamin A berada di Kota Probolinggo sebesar 103.65 persen.

Kesadaran ibu hamil dalam konsumsi vitamin A untuk di Kabupaten Trenggalek, Gresik, dan Blitar tergolong rendah sehingga konsumsi vitamin A juga ikut rendah. Selain itu di daerah tersebut terdapat tempat pelayanan kesehatan ibu hamil yang belum terdata sehingga di data yang sudah dipublikasikan tertulis persentasenya nol persen.



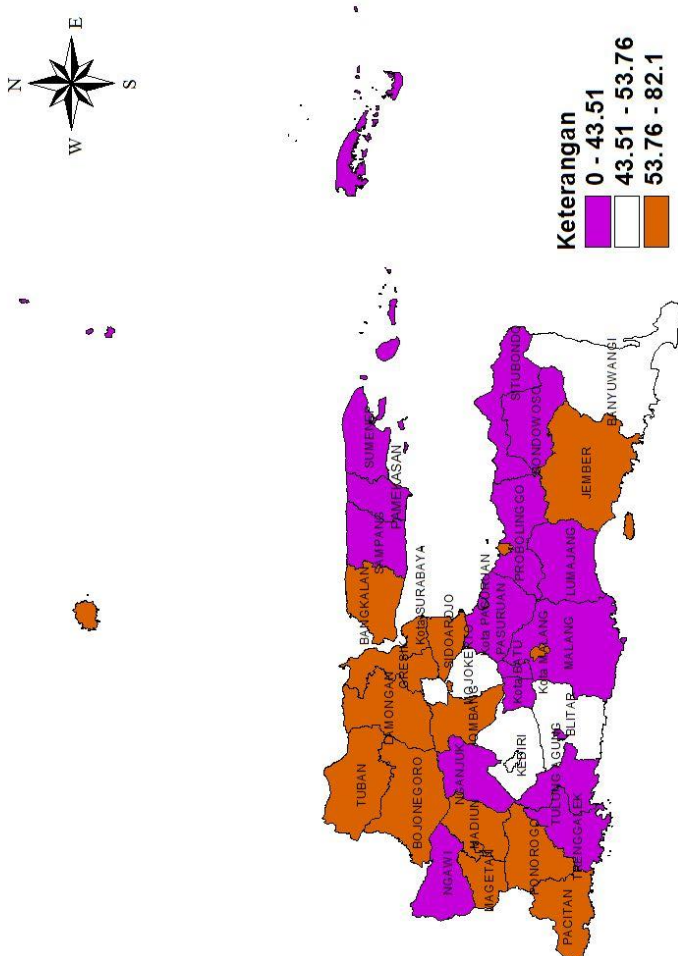
Gambar 4.10 Persebaran Persentase Ibu Nifas Mendapat Vitamin A

4.1.11 Persentase Rumah Tangga Berperilaku Bersih dan Sehat

Persentase rumah tangga berperilaku bersih dan sehat adalah jumlah rumah tangga yang menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat dibandingkan jumlah rumah tangga yang dipantau dalam kurun waktu 1 tahun yang memenuhi indikator, pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan, bayi diberi ASI eksklusif, balita ditimbang setiap bulan, menggunakan air bersih, mencuci tangan dengan air bersih dan sabun, menggunakan jamban sehat, memberantas jentik seminggu sekali, makan sayur dan buah setiap hari, melakukan aktifitas fisik setiap hari, dan tidak merokok di dalam rumah.

Warna ungu menggambarkan daerah dengan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat dibawah rata-rata dengan rentang 0 hingga 43.51 persen. Banyak daerah yang masuk kelompok tersebut sebanyak 17 daerah, 5 daerah masuk kelompok sedang, dan sisanya masuk dalam kelompok persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat diatas rata-rata yang ditandai warna coklat.

Daerah yang memiliki persentase terendah dalam rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat berada di Kabupaten Bondowoso dan persentase tertinggi berada di Kabupaten Gresik. Kabupaten Bondowoso paling rendah dalam aspek sanitasi total berbasis masyarakat. Kabupaten Malang hingga Kabupaten Situbondo masuk dalam satu kelompok karena daerah tersebut konsumsi air minum yang layak persentasenya tidak jauh berbeda dan termasuk tinggi konsumsinya.



Gambar 4.11 Persebaran Persentase Rumah Tangga Menerapkan PHBS

4.2 Pemeriksaan Multikolinearitas

Sebelum melakukan analisis regresi binomial negatif terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan multikolinearitas variabel prediktor. Pemeriksaan multikolinearitas dilakukan untuk melihat apakah terdapat hubungan antar variabel prediktor. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai VIF Variabel Prediktor

Variabel	VIF
X_1	3,386
X_2	5,076
X_3	1,706
X_4	10,627
X_5	3,393
X_6	1,120
X_7	1,491
X_8	8,509
X_9	1,237
X_{10}	1,392

Variabel X_4 atau persentase persalinan yang ditolong oleh tenaga kesehatan nilai VIF nya lebih dari 10 sehingga terdapat multikolinearitas, untuk itu variabel X_4 dihapus.

4.3 Pemodelan Regresi Binomial Negatif

Jumlah kematian ibu merupakan data jumlahan sehingga untuk memodelkan jumlah kematian ibu dapat menggunakan regresi binomial negatif yang memiliki parameter dispersi. Untuk mendapatkan nilai parameter dispersi dengan menggunakan *software R* dan didapatkan nilai $\hat{\theta} = 1.4327$. Hasil estimasi parameter model regresi binomial negatif dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Parameter	Estimasi	Z hitung	Pr(Z >Z hit)
$\hat{\beta}_0$	-5,415928	-0,947	0,35179
$\hat{\beta}_1$	0,073603	0,831	0,41285
$\hat{\beta}_2$	0,029874	0,410	0,68522
$\hat{\beta}_3$	0,035273	0,331	0,74344
$\hat{\beta}_5$	-0,047106	-0,698	0,49080
$\hat{\beta}_6$	-0,001123	-0,387	0,70136
$\hat{\beta}_7$	-0,003159	-2,809	0,00896
$\hat{\beta}_8$	0,019226	0,300	0,76609
$\hat{\beta}_9$	0,002010	0,366	0,71685
$\hat{\beta}_{10}$	0,007412	0,721	0,47676
AIC	282,42		
Deviance	28,00	df	28

Langkah selanjutnya yaitu menguji parameter model secara serentak dan parsial. Pengujian serentak regresi binomial negatif hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{10} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0$$

Nilai devians dari Tabel 4.2 adalah 28. Nilai tersebut dibandingkan dengan chi-square dengan signifikansi 5 persen maka $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(0,05;9)}$ ($28 > 16.92$) tolak H_0 yang berarti minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, dan dilanjutkan ke uji parsial. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

Berdasarkan Tabel 4.2 pada kolom Pr(|Z|>Z hit) jika dibandingkan dengan p-value sebesar 0,05 dapat terlihat variabel mana yang signifikan. Selain itu juga bisa dengan melihat dari nilai $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ yaitu $Z_{0,05/2} = 1.96$ maka variabel yang signifikan yaitu X_7 . Model regresi binomial negatif yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(-5,4159 + 0,0736X_1 + 0,0298X_2 + 0,0352X_3 - 0,0471X_5 - 0,0011X_6 - 0,0032X_7 + 0,0192X_8 + 0,0020X_9 + 0,0074X_{10})$$

Jika dilihat dari model secara global, variabel yang mempengaruhi jumlah kematian ibu di Jawa Timur yaitu rasio tenaga kesehatan di tiap kabupaten dan kota.

4.4 Pengujian Spasial

Sebelum dilakukan analisis dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* terlebih dahulu kita melakukan pengujian spasial untuk mengetahui apakah data dalam penelitian ini sudah memenuhi aspek spasial atau tidak. Pengujian spasial terdiri dari pengujian heterogenitas spasial dan dependensi spasial.

4.4.1 Pengujian Heterogenitas Spasial

Uji heterogenitas spasial dilakukan karena tiap daerah atau lokasi mempunyai ciri-ciri khas yang berbeda dengan daerah lainnya. Uji ini dilakukan dengan Breusch-Pagan dengan hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_n \text{ (variansi antar lokasi sama)}$$

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma^2_i \neq \dots \neq \sigma^2, i=1,2,\dots,n \text{ (variansi antar lokasi berbeda)}$

Pengujian heterogenitas spasial dengan *software R* diperoleh nilai BP sebesar 15.72 dan p-value sebesar 0.073. Jika nilai BP dibandingkan dengan chi-square ($\chi^2_{(0,1,9)}=16,919$) maka $BP < \chi^2_{(0,1,9)}$ dan p-value dibandingkan dengan taraf signifikansi 10 persen maka p-value $< 0,1$ didapatkan kesimpulan variansi antar lokasi berbeda atau terdapat heterogenitas spasial pada data.

4.4.2 Pengujian Dependensi Spasial

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu titik lokasi pengamatan bergantung pada lokasi lain yang berdekatan. Uji ini dilakukan dengan Moran's I dan hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial)

Pengujian heterogenitas spasial dengan *software R* diperoleh p-value sebesar 0.03411713. Jika p-value dibandingkan dengan taraf signifikansi 10 persen maka $p\text{-value} < 0,1$ didapatkan kesimpulan terdapat dependensi spasial antar wilayah.

Berdasarkan hasil pengujian aspek spasial maka pada kasus jumlah kematain ibu di Jawa Timur terdapat dependensi spasial antar wilayah tetapi tidak terdapat heterogenitas spasial, sehingga metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.

4.5 **Pemodelan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression***

Sebelum melakukan analisis *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* terlebih dahulu menghitung jarak euclidean antar lokasi pengamatan yang terdapat dalam lampiran. Jarak euclidean yang didapatkan digunakan untuk mencari nilai bandwidth optimum dan mencari nilai bobot dengan berbagai macam pembobot kernel.

Terdapat tiga jenis pengujian parameter untuk model *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* yaitu pengujian kesamaan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dengan regresi binomial negatif, pengujian serentak, dan pengujian parsial.

a. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model GWNBR berbeda secara signifikan dengan model regresi binomial negatif. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j, j = 1, 2, \dots, 9, i = 1, 2, \dots, 38$

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j$

Didapatkan hasil penghitungan dengan menggunakan *software R* yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 F_{hitung} Tiap Pembobot

	<i>Adaptive Bisquare</i>	<i>Adaptive Gaussian</i>	<i>Adaptive Tricube</i>	<i>Fixed Bisquare</i>
F hitung	12.60	13.47	12.65	13.23
	<i>Fixed Tricube</i>	<i>Fixed Gaussian</i>	<i>Fixed Exponential</i>	
F hitung	13.32	13.23	13.50	

Hasil nilai F hitung pada masing-masing pembobot dibandingkan dengan F tabel ($F_{(0,05;28;28)} = 1.88$). Semua nilai F hitung pada semua pembobot lebih besar dari 1.88 sehingga tolak H_0 yang berarti terdapat perbedaan antara model binomial negatif dengan model GWNBR.

b. Pengujian serentak

Hipotesis untuk uji serentak adalah.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0, \\ \text{dimana } i=1,2,\dots,38$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0, j=1,2,\dots,9$$

Didapatkan hasil penghitungan dengan menggunakan *software R* yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Nilai Devians Tiap Pembobot

	<i>Adaptive Bisquare</i>	<i>Adaptive Gaussian</i>	<i>Adaptive Tricube</i>	<i>Fixed Bisquare</i>
Devians	570.139	533.316	567.872	543.056
	<i>Fixed Tricube</i>	<i>Fixed Gaussian</i>	<i>Fixed Exponential</i>	
Devians	539.130	532.812	532.018	

Nilai devians pada tiap pembobot dibandingkan dengan $\chi^2_{(0,05;9)} = 3.325$. Semua nilai devians pada semua pembobot lebih besar dari 3.325 sehingga tolak H_0 yang berarti paling sedikit ada

satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap model.

c. Pengujian parsial

Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0, j = 1, 2, \dots, 9$$

Hasil pengujian signifikansi parameter menghasilkan parameter yang berbeda di tiap kabupaten atau kota karena setiap pembobot menghasilkan signifikansi variabel yang berbeda. Nilai $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ yaitu $Z_{0,05/2} = 1,96$.

Jika nilai $|Z_{hitung}| > 1,96$ maka tolak H_0 dan variabel tersebut signifikan terhadap model. Variabel yang signifikan di tiap kabupaten atau kota pada masing-masing pembobot ditampilkan dalam Tabel 4.5

Tabel 4.5 Variabel Signifikan

Pembobot	Variabel Signifikan	Kabupaten atau Kota
<i>Adaptive Bisquare</i>	X_6, X_7	Bangkalan, Blitar, Bojonegoro, Ngawi, Bondowoso, Probolinggo
	X_6, X_7, X_9	Banyuwangi, Gresik, Jember, Kediri, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Kediri, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Lamongan, Lumajang, Madiun, Magetan, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Pacitan, Pamekasan, Pasuruan, Ponorogo, Kota Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tuban, Tulungagung
	X_3, X_6, X_7, X_9	Jombang, Kota Surabaya
<i>Adaptive Gaussian</i>	X_6, X_7, X_9	Semua kabupaten atau kota di Jawa Timur

Tabel 4.5 Variabel Signifikan (Lanjutan)

Pembobot	Variabel Signifikan	Kabupaten atau Kota
<i>Adaptive Tricube</i>	X_6, X_7	Bangkalan
	X_6, X_7, X_9	Banyuwangi, Bojonegoro, Blitar, Bondowoso, Kediri, Jombang, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Lamongan, Lumajang, Madiun, Magetan, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Pacitan, Pamekasan, Pasuruan, Ponorogo, Probolinggo, Kota Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tuban, Tulungagung
	X_3, X_6, X_7, X_9	Gresik, Jember, Kota Kediri, Kota Surabaya
<i>Fixed Bisquare</i>	X_6, X_7, X_9	Bangkalan, Banyuwangi, Blitar, Bojonegoro, Gresik, Jember, Kota Surabaya, Kediri, Jombang, Kota Batu, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Lamongan, Lumajang, Madiun, Magetan, Malang, Mojokerto, Ngawi, Nganjuk, Pacitan, Pamekasan, Pasuruan, Ponorogo, Probolinggo, Kota Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tuban, Tulungagung
	X_3, X_6, X_7, X_9	Bondowoso, Kota Kediri
<i>Fixed Tricube</i>	X_3, X_6, X_7, X_9	Blitar, Bojonegoro, Kota Pasuruan, Pamekasan, Ponorogo
	X_6, X_7	Banyuwangi, Bondowoso, Kota Blitar, Pacitan

Tabel 4.5 Variabel Signifikan (Lanjutan)

Pembobot	Variabel Signifikan	Kabupaten atau Kota
<i>Fixed Tricube</i>	X_6, X_7, X_9	Bangkalan, Gresik, Jember, Kota Kediri, Kota Surabaya, Kediri, Jombang, Kota Batu, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Lamongan, Lumajang, Madiun, Magetan, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Ngawi, Pasuruan, Probolinggo, Kota Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tuban, Tulungagung
<i>Fixed Gaussian</i>	X_6, X_7, X_9	Semua kabupaten atau kota di Jawa Timur
<i>Fixed Exponential</i>	X_6, X_7	Bangkalan
	X_6, X_7, X_9	Banyuwangi, Blitar, Bojonegoro, Bondowoso, Kota Blitar, Gresik, Jember, Kota Kediri, Kota Surabaya, Kediri, Jombang, Kota Batu, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Lamongan, Lumajang, Madiun, Magetan, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Pacitan, Pamekasan, Pasuruan, Ponorogo, Probolinggo, Kota Probolinggo, Sampang, Sidoarjo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tuban, Tulungagung

Dari hasil pengujian parsial untuk pemodelan GWNBR pada Tabel 4.5 menunjukkan masing-masing pembobot menghasilkan variabel prediktor yang signifikan terhadap model berbeda-beda. Pembobot *adaptive gaussian* dan *fixed gaussian* variabel signifikan di semua kabupaten atau kota sama, yaitu pemberian imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9).

Pembobot *adaptive bisquare*, *adaptive tricube*, dan *fixed tricube* didapatkan 3 pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah pemberian imunisasi TT2+ (X_6)

dan rasio tenaga kesehatan (X_7). Kelompok 2 dengan variabel yang signifikan adalah imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9). Kelompok 3 dengan variabel yang signifikan adalah rasio pasangan yang menggunakan KB (X_3), imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9).

Pembobot *fixed bisquare* didapatkan 2 pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9). Kelompok 2 dengan variabel yang signifikan adalah rasio pasangan yang menggunakan KB (X_3), imunisasi TT2+ (X_6), rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9).

Pembobot dengan *fixed exponential* juga didapatkan 2 pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah pemberian imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7). Kelompok 2 dengan variabel yang signifikan adalah imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9).

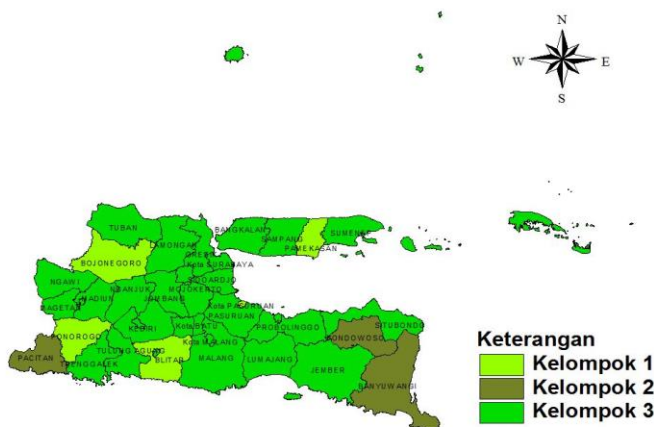
4.6 Pemilihan Model Terbaik

Model terbaik dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* yang didapatkan dari semua pembobot *adaptive kernel* antara lain pembobot *adaptive bisquare kernel*, *adaptive gaussian kernel*, dan *adaptive tricube kernel* serta *fixed kernel* dengan pembobotnya antara lain *fixed bisquare kernel*, *fixed gaussian kernel*, *fixed tricube kernel*, dan *fixed exponential kernel* dibandingkan dengan menghitung nilai AIC. Nilai AIC yang paling kecil atau minimum dipilih sebagai model terbaik. Berikut hasil penghitungan AIC untuk semua pembobot kernel yang ditampilkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai AIC

Model	AIC
Regresi Binomial Negatif	282.42
<i>Adaptive Bisquare</i>	196.48
<i>Adaptive Gaussian</i>	194.60
<i>Adaptive Tricube</i>	196.36
<i>Fixed Bisquare</i>	194.34
<i>Fixed Tricube</i>	194.02
<i>Fixed Gaussian</i>	194.63
<i>Fixed Exponential</i>	194.59

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai AIC yang terkecil adalah model GWNBR dengan pembobot *fixed bisquare*. Nilai AIC paling besar adalah model regresi binomial negatif tanpa pembobot. Model GWNBR yang dipilih adalah model dengan pembobot *fixed bisquare* karena AIC nya paling kecil yaitu 194.02. Berikut hasil pemetaan model terbaik dengan pembobot *fixed tricube*.

**Gambar 4.12** Hasil Pengelompokkan Model Terbaik

Pada Gambar 4.12 terdapat tiga pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah rasio pasangan yang menggunakan KB (X_3), imunisasi TT2+ (X_6), rasio tenaga kesehatan (X_7), dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil (X_9) dengan anggotanya Kabupaten Blitar, Bojonegoro, Kota Pasuruan, Pamekasan, dan Ponorogo. Variabel X_3 hanya berpengaruh pada kelompok ini, artinya pasangan yang menggunakan KB di kelompok tersebut sangat terutama di Kabupaten Ponorogo mempunyai rasio pasangan pengguna KB yang tinggi berperan dalam penurunan jumlah kematian ibu.

Kelompok 2 beranggotakan Kabupaten Banyuwangi, Bondowoso, Kota Blitar, dan Pacitan. Kelompok tersebut mempunyai variabel yang signifikan imunisasi TT2+ (X_6) dan rasio tenaga kesehatan (X_7). Dengan tingginya pemberian imunisasi TT2+ dan banyak tenaga kesehatan maka turut menurunkan kematian ibu, terutama Kota Blitar mempunyai tenaga kesehatan yang paling banyak dan Kabupaten Bondowoso pemberian imunisasi TT2+ kepada ibu nifas atau bersalin yang tinggi.

Kelompok 3 mempunyai 29 kabupaten atau kota dan letaknya tersebar di Jawa Timur. Salah satu contoh model GWNBR di Kota Madiun adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(0,031 - 5,154X_1 - 31,347X_2 + 46,071X_3 + 1,940X_5 - 0,449X_6 - 0,110X_7 + 26,443X_8 + 0,500X_9 + 2,503X_{10}) .$$

Setiap satu penurunan satu persen pemberian imunisasi TT2+ ($\exp(-0,449)$) akan meningkatkan kematian bayi sebanyak 0,64 kali. Setiap peningkatan satu persen pemberian vitamin A kepada ibu hamil di Kota Madiun ($\exp(0,500)$) akan meningkatkan kematian ibu sebanyak 1,65 kali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan analisis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Jumlah kematian ibu di Jawa Timur terdapat pengaruh spasial karena terdapat dependensi antar wilayah. Jumlah kematian ibu tertinggi berada di Kota Surabaya dan yang paling sedikit berada di Kabupaten Blitar dan Kota Madiun.
2. Pada model regresi binomial negatif variabel yang signifikan yaitu hanya rasio tenaga kesehatan di tiap kabupaten dan kota. Model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* dan *fixed bisquare* variabel signifikan di semua kabupaten atau kota sama, yaitu pemberian imunisasi TT2+ dan rasio tenaga kesehatan, dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil. Pembobot *adaptive bisquare*, *adaptive tricube*, *fixed bisquare*, dan *fixed tricube* didapatkan 3 pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah pemberian imunisasi TT2+ dan rasio tenaga kesehatan. Kelompok 2 dengan variabel yang signifikan adalah imunisasi TT2+, rasio tenaga kesehatan, dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil. Kelompok 3 dengan variabel yang signifikan adalah rasio pasangan yang menggunakan KB, imunisasi TT2+, rasio tenaga kesehatan, dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil. Pembobot *fixed exponential* didapatkan 2 pengelompokkan. Kelompok 1 dengan variabel yang signifikan adalah pemberian imunisasi TT2+ dan rasio tenaga kesehatan. Kelompok 2 dengan variabel yang signifikan adalah imunisasi TT2+ dan rasio tenaga kesehatan, dan pemberian vitamin A kepada ibu hamil.

3. Berdasarkan model terbaik dengan *fixed tricube* terdapat tiga pengelompokkan. Kelompok 1 dengan anggotanya Kabupaten Blitar, Bojonegoro, Kota Pasuruan, Pamekasan, dan Ponorogo. Variabel rasio pasangan yang menggunakan KB hanya berpengaruh pada kelompok ini, artinya pasangan yang menggunakan KB di kelompok tersebut sangat terutama di Kabupaten Ponorogo mempunyai rasio pasangan pengguna KB yang tinggi berperan dalam penurunan jumlah kematian ibu. Kelompok 2 beranggotakan Kabupaten Banyuwangi, Bondowoso, Kota Blitar, dan Pacitan. Kelompok tersebut mempunyai variabel yang signifikan imunisasi TT2+ dan rasio tenaga kesehatan. Dengan tingginya pemberian imunisasi TT2+ dan banyak tenaga kesehatan maka turut menurunkan kematian ibu, terutama Kota Blitar mempunyai tenaga kesehatan yang paling banyak dan Kabupaten Bondowoso pemberian imunisasi TT2+ kepada ibu nifas atau bersalin yang tinggi. Kelompok 3 mempunyai 29 kabupaten atau kota dan letaknya tersebar di Jawa Timur.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini yaitu diharapkan penelitian selanjutnya selain menggunakan spasial basis area, sebagai perbandingan dengan metode basis titik seperti GWNBR. Basis area dapat digunakan karena aspek spasial yang terpenuhi hanya aspek dependensi saja sedangkan aspek heterogenitas boleh terpenuhi boleh tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics : Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Aristia, R., dan Salamah, M. (2013). *Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Ibu Hamil di Jawa Timur dengan Menggunakan Regresi Binomial Negatif dan Geographically Weighted Poisson Regression*. Jurnal Sains dan Seni ITS
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2017). *Angka Kematian Ibu*. Diakses 2 Februari 2017. <http://sirusa.bps.go.id/index.php?r=indikator/view&id=80>
- Bakosurtanal (2005). *Bakosurtanal*. Diakses 8 Maret 2017. <http://www.bakosurtanal.go.id/peta-tematik>.
- Cameron, A. C., dan Trivedi, P.K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. United Kingdom: Cambridge University Press
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. (2015). *Profil Kesehatan Jawa Timur 2015*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur
- Evadianti, E., dan Purhadi. (2014). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur dengan Menggunakan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 3 No. 2, ISSN: 2337-3539
- Fotheringham, A.S., Brusdon, C., Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression : The Analysis of Spatially Varying Relationships*. West Sussex: John Wiley and Sons, Ltd.
- Greene, W. (2008). *Functional Forms for The Negative Binomial Model for Count Data*. *Economic Letters* 99(3). 585-590.
- Hardin, J.W, dan Hilbe, J.M. (2007). *Generalized Linear Models and Extension Second Edition*. Texas: Stata Press.
- Juhadi dan Liesnoor, Dewi. (2001). *Desain dan Komposisi Peta*. Semarang: Indoprint

- Kementerian Kesehatan RI. (2015). *Profil Kesehatan Indonesia 2015*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- McCullagh, P., dan Nelder, J. A. (1988). *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall.
- Ricardo, A, dan Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression – Incorporating Overdispersion*. Bussiness Media New York: Springer Science.
- Pertiwi, L. D., Salamah, M, dan Sutikno. (2012). *Spatial Durbin Model untuk Mengidentifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kematian Ibu di Jawa Timur*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.1 No. 1 Sept, 2012, ISSN: 2301-928X
- Qomariyah, N., Purnami, S. W., Pramono, M. S. (2013). *Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur dengan Pendekatan GWPR Ditinjau dari Segi Fasilitas Kesehatan*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.2 No. 2, ISSN: 2337-3520
- Sekolah Tinggi Ilmu Komputer (STI&K). (2010). *Angka Kematian Ibu Melahirkan*. Diakses 1 Februari 2017. http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/MenPAN/index.php-option=com_docman&task=doc_download&gid=290&Itemid=111.pdf
- Setiawan dan Kusrini, Dwi Endah. (2011). *Ekonometrika*. Surabaya: Andi Publishers

Lampiran 1. Data Kematian Ibu dan Faktor yang Mempengaruhi

Kabupaten/Kota	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
PACITAN	5	94,45	82,94	17,08	88,09	82,94	4,70	196,74	87,05	87,90	60,90
PONOROGO	10	96,65	86,50	17,33	91,40	86,05	21,10	198,30	91,02	97,30	55,90
TRENGGALEK	10	100,00	88,46	15,71	93,05	90,42	0,00	155,98	91,49	0,00	29,20
TULUNGAGUNG	16	97,03	89,71	15,41	91,49	87,88	13,20	199,67	91,44	86,56	41,70
BLITAR	0	98,84	92,40	14,48	94,93	92,40	0,00	103,98	92,38	0,00	52,00
KEDIRI	17	97,64	92,11	14,39	94,17	91,82	51,00	129,94	94,12	91,86	53,40
MALANG	30	100,00	97,60	14,46	100,53	91,78	26,30	109,07	100,46	58,95	30,80
LUMAJANG	24	98,67	89,01	17,98	98,69	89,65	62,70	114,64	98,03	91,73	38,90
JEMBER	32	103,05	85,14	18,86	92,71	92,78	39,50	128,99	91,39	89,31	64,00
BANYUWANGI	23	97,91	92,57	15,18	97,12	91,29	14,70	92,78	96,73	95,24	47,40
BONDOWOSO	19	97,31	81,49	17,01	86,15	82,20	87,40	130,19	84,01	91,28	20,10
SITUBONDO	13	100,21	91,70	16,88	97,05	88,91	44,00	224,28	96,48	89,94	20,30
PROBOLINGGO	26	97,41	88,11	16,25	96,54	88,11	68,40	99,08	91,31	99,15	21,30
PASURUAN	26	100,40	92,32	16,81	99,44	91,73	28,60	95,90	98,65	96,12	42,60
SIDOARJO	26	100,00	96,08	17,34	98,64	89,09	69,80	157,89	98,64	95,01	58,10
MOJOKERTO	19	94,67	85,40	16,76	91,09	80,41	77,40	118,66	91,06	0,00	45,20
JOMBANG	16	98,36	91,41	15,80	94,85	89,29	12,70	168,74	94,63	89,07	54,40
NGANJUK	12	90,47	81,26	18,63	89,65	82,40	0,00	91,77	89,45	86,24	41,80
MADIUN	4	97,92	91,83	16,79	93,40	92,32	19,70	154,27	93,28	92,66	65,10
MAGETAN	5	98,92	91,83	14,21	95,01	93,33	0,00	153,65	94,97	93,53	62,30
NGAWI	10	96,15	90,08	15,32	93,49	90,10	16,80	104,73	93,49	91,66	39,20

Lampiran 1. Data Kematian Ibu dan Faktor yang Mempengaruhi (Lanjutan)

Kabupaten/Kota	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
BOJONEGORO	23	98,49	88,31	16,12	99,28	86,99	46,20	144,91	99,08	93,14	55,00
TUBAN	12	99,95	93,79	18,28	97,07	92,30	58,90	117,79	96,93	91,78	70,20
LAMONGAN	13	100,02	95,60	15,63	99,80	90,84	143,00	174,53	99,77	97,06	65,00
GRESIK	19	96,12	87,75	15,85	92,35	87,26	0,00	83,82	89,76	0,00	82,10
BANGKALAN	14	98,99	92,25	12,71	99,77	91,11	46,00	94,00	97,12	80,60	63,70
SAMPANG	14	101,18	88,89	20,44	100,65	88,89	96,00	77,18	97,09	101,50	32,10
PAMEKASAN	8	100,01	93,82	14,40	99,78	93,70	62,50	94,17	95,68	91,57	30,40
SUMENEP	7	104,35	94,72	19,40	98,83	88,16	3,10	64,45	91,47	99,94	31,70
KOTA KEDIRI	3	96,76	90,96	13,19	93,20	84,86	0,00	512,49	93,13	92,26	52,60
KOTA BLITAR	1	91,25	85,56	14,18	89,11	80,81	80,40	506,13	89,11	81,93	39,30
KOTA MALANG	8	92,24	87,67	12,94	90,73	87,54	33,20	389,17	90,68	85,59	55,00
KOTA PROBOLINGGO	3	98,52	91,04	14,83	93,20	90,29	281,90	271,16	92,90	103,65	61,10
KOTA PASURUAN	4	96,81	85,35	14,71	91,17	83,57	13,00	297,72	90,94	87,63	37,30
KOTA MOJOKERTO	2	98,43	95,02	16,71	98,86	95,02	132,40	411,28	98,86	96,20	58,70
KOTA MADIUN	0	99,68	97,15	14,87	98,56	97,15	57,50	1003,46	98,56	97,73	63,90
KOTA SURABAYA	38	100,84	98,41	15,59	96,92	94,55	60,00	439,31	96,89	90,11	71,90
KOTA BATU	3	96,97	92,85	15,36	95,06	88,73	2,50	368,11	94,73	80,55	33,60

Lampiran 2. Koordinat Lintang dan Bujur

Kabupaten/ Kota	u	v
PACITAN	7,36	111,53
PONOROGO	7,24	111,26
TRENGGALEK	7,12	113,15
TULUNGAGUNG	7,00	113,51
BLITAR	8,02	111,42
KEDIRI	8,16	113,32
MALANG	7,47	112,74
LUMAJANG	7,54	113,49
JEMBER	7,59	112,37
BANYUWANGI	7,52	111,57
BONDOWOSO	8,03	112,00
SITUBONDO	7,09	112,24
PROBOLINGGO	7,09	111,53
PASURUAN	7,39	111,19
SIDOARJO	7,07	112,24
MOJOKERTO	7,27	112,42
JOMBANG	8,08	113,13
NGANJUK	7,32	112,28
MADIUN	7,43	113,56
MAGETAN	7,57	112,92
NGAWI	7,32	112,13
BOJONEGORO	8,03	111,53
TUBAN	7,10	113,28
LAMONGAN	8,10	114,21
GRESIK	7,47	112,03
BANGKALAN	8,11	111,06
SAMPANG	6,52	112,01
PAMEKASAN	7,34	111,26

Lampiran 2. Koordinat Lintang dan Bujur (Lanjutan)

Kabupaten/ Kota	u	v
SUMENEP	7,02	112,44
KOTA KEDIRI	7,58	112,38
KOTA BLITAR	8,04	112,09
KOTA MALANG	7,38	112,54
KOTA PROBOLINGGO	7,14	112,44
KOTA PASURUAN	7,37	111,30
KOTA MOJOKERTO	7,28	112,25
KOTA MADIUN	7,45	113,12
KOTA SURABAYA	7,51	112,31
KOTA BATU	7,49	112,00

Lampiran 3. Hasil Statistika Deskriptif dan Pengecekan Asumsi Multikolinearitas

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
X1	98,070	8,077	90,470	104,350
X2	90,450	18,494	81,260	98,410
X3	15,998	3,125	12,714	20,440
X4	95,048	14,816	86,150	100,650
X5	89,123	16,159	80,410	97,150
X6	46,70	2877,82	0,00	281,90
X7	210,0	32502,4	64,5	1003,5
X8	94,021	14,768	84,010	100,460
X9	81,44	857,38	0,00	103,65
X10	48,64	242,82	20,10	82,10

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-109,56	61,73	-1,77	0,087	
X1	1,211	1,024	1,18	0,247	3,386
X2	-0,3333	0,8288	-0,40	0,691	5,076
X3	0,350	1,169	0,30	0,767	1,706
X4	-1,147	1,340	-0,86	0,400	10,627
X5	-0,3819	0,7250	-0,53	0,603	3,393
X6	-0,00992	0,03121	-0,32	0,753	1,120
X7	-0,01866	0,01072	-1,74	0,093	1,491
X8	1,865	1,201	1,55	0,132	8,509
X9	-0,00091	0,06010	-0,02	0,988	1,237
X10	0,0209	0,1198	0,17	0,863	1,392

Lampiran 4. Hasil Pengujian Spasial

Heterogenitas
BP = 15.72, df = 9, p-value = 0.073

Dependensi
\$observed
[1] -0.1348034
\$expected
[1] -0.02702703
\$sd
[1] 0.05086946
\$p.value
[1] 0.03411713

Lampiran 5. Hasil Analisis Regresi Negatif Binomial

```
glm(formula = y ~ x1 + x2 + x3 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 +
x10,family = negative.binomial(1.4327), data = data)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.5956	-0.7455	-0.1686	0.2887	2.2083

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-5.415928	5.719622	-0.947	0.35179
x1	0.073603	0.088541	0.831	0.41285
x2	0.029874	0.072935	0.410	0.68522
x3	0.035273	0.106709	0.331	0.74344
x5	-0.047106	0.067466	-0.698	0.49080
x6	-0.001123	0.002899	-0.387	0.70136
x7	-0.003159	0.001125	-2.809	0.00896 **
x8	0.019226	0.064003	0.300	0.76609
x9	0.002010	0.005487	0.366	0.71685
x10	0.007412	0.010277	0.721	0.47676

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(1.4327) family taken to be 0.9824453)

Null deviance: 39.214 on 37 degrees of freedom
Residual deviance: 28.001 on 28 degrees of freedom
AIC: 282.42

Lampiran 6. Pembobotan

Adaptive Bisquare			
[1,] 2.778406	[11,] 2.210146	[21,] 2.219520	[31,] 2.119943
[2,] 3.070878	[12,] 2.212177	[22,] 2.679786	[32,] 1.818175
[3,] 2.311778	[13,] 2.862045	[23,] 2.438128	[33,] 2.012758
[4,] 2.688874	[14,] 3.100499	[24,] 3.149896	[34,] 2.998309
[5,] 2.789977	[15,] 2.221383	[25,] 2.267407	[35,] 2.122925
[6,] 2.264895	[16,] 1.972128	[26,] 3.148860	[36,] 2.162563
[7,] 1.797278	[17,] 2.070189	[27,] 2.707048	[37,] 1.987983
[8,] 2.495477	[18,] 2.080080	[28,] 3.044455	[38,] 2.290869
[9,] 1.908116	[19,] 2.590276	[29,] 2.072684	
[10,] 2.701217	[20,] 1.936305	[30,] 1.901240	

Adaptive Gaussian			
[1,] 2.778883	[11,] 2.210390	[21,] 2.220007	[31,] 2.120173
[2,] 3.071366	[12,] 2.212594	[22,] 2.680072	[32,] 1.818283
[3,] 2.311991	[13,] 2.862541	[23,] 2.438338	[33,] 2.012966
[4,] 2.689089	[14,] 3.100965	[24,] 3.149926	[34,] 2.998780
[5,] 2.790274	[15,] 2.221797	[25,] 2.267864	[35,] 2.123354
[6,] 2.264898	[16,] 1.972366	[26,] 3.149153	[36,] 2.162710
[7,] 1.797404	[17,] 2.070196	[27,] 2.707436	[37,] 1.988367
[8,] 2.495598	[18,] 2.080480	[28,] 3.044930	[38,] 2.291318
[9,] 1.908434	[19,] 2.590417	[29,] 2.072885	
[10,] 2.701659	[20,] 1.936431	[30,] 1.901546	

Lampiran 6. Pembobotan (Lanjutan)

Adaptive Tricube			
[1,] 2.778406	[11,] 2.210146	[21,] 2.219520	[31,] 2.119943
[2,] 3.070878	[12,] 2.212177	[22,] 2.679786	[32,] 1.818175
[3,] 2.311778	[13,] 2.862045	[23,] 2.438128	[33,] 2.012758
[4,] 2.688874	[14,] 3.100499	[24,] 3.149896	[34,] 2.998309
[5,] 2.789977	[15,] 2.221383	[25,] 2.267407	[35,] 2.122925
[6,] 2.264895	[16,] 1.972128	[26,] 3.148860	[36,] 2.162563
[7,] 1.797278	[17,] 2.070189	[27,] 2.707048	[37,] 1.987983
[8,] 2.495477	[18,] 2.080080	[28,] 3.044455	[38,] 2.290869
[9,] 1.908116	[19,] 2.590276	[29,] 2.072684	
[10,] 2.701217	[20,] 1.936305	[30,] 1.901240	

Fixed Bisquare	Fixed Gaussian	Fixed Tricube	Fixed Exponential
3.55128	3.55127	3.55129	3.14990

Lampiran 7. Jarak Euclidean

	1	2	3	4	5	6	7		37	38
1	0,00	0,30	1,64	2,01	0,67	1,96	1,96	...	0,79	0,49
2	0,30	0,00	1,89	2,26	0,80	2,26	2,26	...	1,08	0,78
3	1,64	1,89	0,00	0,38	1,95	1,05	1,05	...	0,93	1,21
4	2,01	2,26	0,38	0,00	2,33	1,18	1,18	...	1,30	1,59
5	0,67	0,80	1,95	2,33	0,00	1,91	1,91	...	1,03	0,79
6	1,96	2,26	1,05	1,18	1,91	0,00	0,00	...	1,20	1,48
7	1,21	1,50	0,54	0,90	1,43	0,90	0,90	...	0,43	0,74
8	1,97	2,25	0,54	0,54	2,12	0,64	1,97	...	1,18	1,49
9	0,87	1,16	0,91	1,28	1,04	1,11	0,87	...	0,10	0,38
10	0,16	0,42	1,63	2,01	0,52	1,86	0,16	...	0,74	0,43
11	0,82	1,08	1,47	1,83	0,58	1,33	0,82	...	0,61	0,54
12	0,76	0,99	0,91	1,27	1,24	1,52	0,76	...	0,43	0,47
13	0,27	0,31	1,62	1,98	0,94	2,09	0,27	...	0,89	0,62
14	0,34	0,17	1,98	2,35	0,67	2,26	0,34	...	1,13	0,82
15	0,77	0,99	0,91	1,27	1,25	1,53	0,77	...	0,45	0,48
16	0,89	1,16	0,75	1,12	1,25	1,27	0,89	...	0,26	0,47
17	1,75	2,05	0,96	1,14	1,71	0,21	1,75	...	1,00	1,27
18	0,75	1,02	0,89	1,27	1,11	1,34	0,75	...	0,19	0,33
19	2,03	2,31	0,51	0,43	2,22	0,77	2,03	...	1,25	1,56
20	1,41	1,69	0,51	0,82	1,57	0,71	1,41	...	0,61	0,92
21	0,60	0,87	1,04	1,42	1,00	1,46	0,60	...	0,26	0,21
22	0,67	0,83	1,86	2,23	0,11	1,79	0,67	...	0,94	0,72
23	1,77	2,02	0,13	0,25	2,08	1,06	1,77	...	1,05	1,34
24	2,78	3,07	1,44	1,30	2,79	0,89	2,78	...	1,99	2,29
25	0,51	0,80	1,17	1,55	0,82	1,46	0,51	...	0,28	0,04
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
37	0,79	1,08	0,93	1,30	1,03	1,20	0,79	...	0,00	0,31
38	0,49	0,78	1,21	1,59	0,79	1,48	0,49	...	0,31	0,00

Lampiran 8. Z hitung GWNBR Pembobot *Adaptive Bisquare*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	1839,69	0,02	0,28	-1,20	0,35	78,82	-31,96	0,00	1,39	-0,78
2	2666,87	0,02	0,67	-1,82	0,41	201,97	-52,62	0,00	3,40	-1,28
3	2105,69	0,02	0,35	-1,40	0,41	96,12	-38,07	0,00	1,69	-0,94
4	2127,11	0,02	0,35	-1,41	0,42	95,05	-38,91	0,00	1,67	-0,96
5	2146,08	0,02	0,41	-1,60	0,47	109,71	-43,78	0,00	1,90	-1,12
6	3444,93	0,03	0,49	-1,74	0,58	121,92	-63,56	0,00	2,93	-1,28
7	2881,04	0,03	0,78	-1,95	0,41	192,04	-69,44	0,00	3,15	-1,73
8	1311,07	0,01	0,33	-2,07	0,42	255,57	-59,15	0,00	5,84	-1,09
9	1102,00	0,01	0,25	-1,74	0,36	232,81	-54,45	0,00	5,26	-0,90
10	3429,24	0,03	0,48	-1,72	0,56	121,28	-63,19	0,00	2,86	-1,28
11	2085,82	0,02	0,42	-1,66	0,48	114,98	-44,12	0,00	1,99	-1,14
12	2895,48	0,03	0,78	-1,96	0,41	192,60	-70,12	0,00	3,18	-1,74
13	542,09	0,00	-0,16	-0,52	1,28	62,51	-54,11	0,00	90,97	0,25
14	366,79	0,00	-0,13	-0,21	1,25	20,87	-47,97	0,00	8,89	0,23
15	233,98	0,00	-0,09	-0,14	0,99	25,26	-39,17	0,00	4,41	0,21
16	2523,00	0,02	0,65	-1,69	0,37	216,93	-49,44	0,00	3,64	-1,18
17	3084,12	0,03	0,64	-2,11	0,69	152,47	-63,86	0,00	4,09	-1,32
18	293,35	0,00	-0,07	-0,41	0,69	106,95	-32,23	0,00	51,93	0,16
19	464,67	0,00	-0,13	-0,51	1,10	83,74	-47,59	0,00	85,97	0,23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	460,81	0,00	-0,13	-0,43	1,10	33,22	-47,28	0,00	75,33	0,22
38	409,08	0,00	-0,12	-0,40	0,99	33,78	-42,37	0,00	63,65	0,20

Lampiran 9. Z hitung GWNBR Pembobot *Adaptive Gaussian*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	201,04	0,00	-0,11	-0,17	0,88	68,68	-38,77	0,00	4,42	0,24
2	251,38	0,00	-0,12	-0,21	0,98	70,96	-45,80	0,00	6,10	0,26
3	194,96	0,00	-0,11	-0,16	0,90	70,36	-38,20	0,00	4,09	0,25
4	188,38	0,00	-0,11	-0,15	0,89	70,83	-37,32	0,00	3,85	0,25
5	154,84	0,00	-0,11	-0,12	0,86	72,45	-32,36	0,00	2,81	0,26
6	332,26	0,00	-0,13	-0,29	1,12	74,15	-53,45	0,00	9,77	0,26
7	356,62	0,00	-0,14	-0,31	1,20	78,85	-54,74	0,00	10,53	0,27
8	265,13	0,00	-0,14	-0,22	1,07	99,27	-45,63	0,00	6,22	0,28
9	293,93	0,00	-0,14	-0,26	1,08	100,85	-48,22	0,00	7,70	0,28
10	256,00	0,00	-0,12	-0,21	1,03	73,90	-46,60	0,00	5,97	0,27
11	144,11	0,00	-0,11	-0,11	0,84	72,32	-30,61	0,00	2,54	0,26
12	362,71	0,00	-0,14	-0,31	1,21	78,82	-55,21	0,00	10,92	0,27
13	523,24	0,00	-0,15	-0,55	1,33	86,19	-63,29	0,00	36,92	0,27
14	467,52	0,00	-0,15	-0,44	1,30	75,46	-61,61	0,00	21,75	0,27
15	416,88	0,00	-0,14	-0,39	1,21	72,63	-59,51	0,00	16,76	0,27
16	265,48	0,00	-0,11	-0,23	0,97	68,91	-47,20	0,00	6,96	0,25
17	371,12	0,00	-0,14	-0,33	1,20	77,00	-56,14	0,00	11,77	0,27
18	456,47	0,00	-0,14	-0,51	1,18	91,52	-56,85	0,00	29,91	0,25
19	512,00	0,00	-0,15	-0,56	1,29	89,23	-61,81	0,00	38,16	0,27
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	527,86	0,00	-0,15	-0,57	1,30	79,24	-62,70	0,00	46,43	0,27
38	518,96	0,00	-0,15	-0,57	1,27	78,90	-61,63	0,00	47,55	0,26

Lampiran 10. Z hitung GWNBR Pembobot *Adaptive Tricube*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	2308,12	0,02	0,36	-1,37	0,42	92,98	-37,62	0,00	1,63	-0,94
2	2930,17	0,02	0,73	-1,92	0,44	207,58	-58,69	0,00	3,45	-1,42
3	2586,50	0,02	0,44	-1,62	0,47	117,27	-45,66	0,00	2,06	-1,13
4	2601,14	0,02	0,44	-1,63	0,48	116,39	-46,93	0,00	2,04	-1,16
5	2494,31	0,02	0,45	-1,75	0,50	123,03	-52,47	0,00	2,13	-1,31
6	3501,21	0,03	0,53	-1,96	0,67	135,01	-66,68	0,00	3,47	-1,27
7	3336,88	0,03	0,72	-2,28	0,60	188,80	-76,30	0,00	4,38	-1,59
8	153,24	0,00	0,02	-0,03	0,10	72,41	-8,50	0,00	3,03	-0,11
9	175,57	0,00	0,03	-0,04	0,11	69,91	-9,12	0,00	2,16	-0,13
10	3493,84	0,03	0,52	-1,93	0,67	131,40	-65,99	0,00	3,36	-1,26
11	2395,76	0,02	0,45	-1,79	0,51	126,11	-52,73	0,00	2,18	-1,33
12	3336,78	0,03	0,73	-2,30	0,61	188,75	-76,20	0,00	4,44	-1,58
13	617,20	0,00	-0,18	-0,56	1,47	65,78	-60,17	-0,01	81,74	0,28
14	481,19	0,00	-0,15	-0,31	1,44	25,52	-54,85	0,00	16,26	0,24
15	318,75	0,00	-0,11	-0,21	1,15	32,91	-47,63	0,00	7,70	0,22
16	2838,81	0,02	0,71	-1,83	0,42	207,87	-54,86	0,00	3,47	-1,34
17	3415,46	0,03	0,65	-2,19	0,68	163,32	-71,98	0,00	4,22	-1,41
18	339,73	0,00	-0,08	-0,40	0,68	106,92	-36,93	0,00	43,76	0,16
19	545,17	0,00	-0,15	-0,56	1,29	90,62	-55,12	-0,01	85,55	0,26
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	526,79	0,00	-0,15	-0,47	1,24	36,02	-54,51	0,00	75,62	0,26
38	461,86	0,00	-0,13	-0,43	1,12	35,98	-49,52	0,00	54,98	0,24

Lampiran 11. Z hitung GWNBR Pembobot *Fixed Bisquare*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	2053,36	0,02	0,46	-1,70	0,39	157,80	-42,81	0,00	2,88	-1,01
2	3000,43	0,02	0,60	-1,90	0,41	227,41	-74,49	0,00	4,83	-1,40
3	2270,64	0,02	0,58	-1,85	0,38	214,01	-54,26	0,00	3,67	-1,25
4	2275,18	0,02	0,59	-1,84	0,37	220,53	-56,46	0,00	3,71	-1,29
5	2949,73	0,02	0,53	-2,23	0,54	206,33	-74,61	0,00	5,10	-1,36
6	137,27	0,00	-0,10	-0,09	0,81	58,59	-29,81	0,00	2,32	0,25
7	176,12	0,00	-0,12	-0,12	0,94	72,06	-35,82	0,00	3,17	0,28
8	165,15	0,00	-0,13	-0,12	0,91	96,03	-32,49	0,00	2,97	0,28
9	165,06	0,00	-0,13	-0,13	0,88	101,17	-31,86	0,00	3,04	0,27
10	126,01	0,00	-0,09	-0,09	0,78	57,14	-27,88	0,00	2,09	0,25
11	2937,55	0,02	0,55	-2,21	0,50	222,03	-77,71	0,00	5,29	-1,42
12	180,90	0,00	-0,12	-0,13	0,95	72,47	-36,52	0,00	3,29	0,28
13	558,87	0,00	-0,16	-0,57	1,38	81,74	-62,05	0,00	50,72	0,27
14	470,54	0,00	-0,15	-0,43	1,31	72,90	-61,28	0,00	21,78	0,27
15	397,46	0,00	-0,13	-0,35	1,20	63,88	-56,88	0,00	14,33	0,26
16	2896,80	0,02	0,55	-1,81	0,43	190,67	-63,33	0,00	4,38	-1,20
17	333,58	0,00	-0,14	-0,27	1,17	71,92	-52,29	0,00	9,05	0,26
18	370,45	0,00	-0,10	-0,48	0,90	105,63	-38,98	0,00	58,71	0,19
19	543,64	0,00	-0,15	-0,59	1,32	86,19	-57,23	0,00	66,84	0,25
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	550,07	0,00	-0,15	-0,57	1,31	63,58	-58,08	0,00	78,60	0,25
38	513,88	0,00	-0,14	-0,54	1,23	56,84	-53,00	0,00	85,54	0,23

Lampiran 12. Z hitung GWNBR Pembobot *Fixed Gaussian*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	242,36	0,00	-0,11	-0,21	0,95	73,27	-44,22	0,00	5,94	0,25
2	347,91	0,00	-0,13	-0,33	1,11	78,43	-55,57	0,00	11,49	0,27
3	274,00	0,00	-0,12	-0,24	1,02	78,31	-48,34	0,00	7,13	0,26
4	280,98	0,00	-0,12	-0,25	1,04	79,79	-49,21	0,00	7,40	0,27
5	311,44	0,00	-0,13	-0,28	1,10	85,49	-52,75	0,00	8,70	0,28
6	399,00	0,00	-0,14	-0,39	1,19	82,82	-59,95	0,00	15,34	0,28
7	420,49	0,00	-0,14	-0,42	1,22	86,42	-61,50	0,00	17,18	0,28
8	434,11	0,00	-0,15	-0,45	1,24	92,86	-61,09	0,00	18,95	0,28
9	436,70	0,00	-0,15	-0,45	1,23	93,48	-60,67	0,00	19,69	0,28
10	394,67	0,00	-0,14	-0,39	1,18	82,69	-59,63	0,00	14,94	0,28
11	316,14	0,00	-0,13	-0,29	1,11	86,49	-53,24	0,00	8,92	0,28
12	422,04	0,00	-0,14	-0,42	1,23	86,42	-61,60	0,00	17,35	0,28
13	475,49	0,00	-0,15	-0,50	1,27	88,56	-63,90	0,00	25,61	0,28
14	447,20	0,00	-0,15	-0,46	1,25	85,77	-63,11	0,00	20,70	0,28
15	430,87	0,00	-0,14	-0,44	1,22	82,99	-62,12	0,00	18,93	0,28
16	329,93	0,00	-0,12	-0,31	1,07	74,24	-53,63	0,00	10,63	0,26
17	421,21	0,00	-0,14	-0,42	1,22	85,39	-61,56	0,00	17,38	0,28
18	455,77	0,00	-0,14	-0,50	1,19	91,07	-58,36	0,00	27,60	0,26
19	482,23	0,00	-0,15	-0,52	1,27	89,55	-63,20	0,00	28,15	0,28
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	492,82	0,00	-0,15	-0,53	1,27	84,99	-64,05	0,00	31,22	0,27
38	497,96	0,00	-0,15	-0,54	1,27	83,68	-63,35	0,00	34,71	0,27

Lampiran 13. Z hitung GWNBR Pembobot *Fixed Tricube*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	2471,37	0,02	0,57	-1,89	0,44	186,03	-50,80	0,00	3,32	-1,21
2	75,55	0,00	-0,07	-0,05	0,60	46,83	-18,39	0,00	1,14	0,24
3	3038,42	0,02	0,45	-1,99	0,62	142,98	-64,18	0,00	3,67	-1,17
4	3081,70	0,02	0,50	-2,15	0,59	172,56	-69,56	0,00	4,38	-1,27
5	99,01	0,00	-0,09	-0,07	0,71	62,88	-22,93	0,00	1,58	0,26
6	232,33	0,00	-0,12	-0,18	1,01	71,07	-43,66	0,00	4,98	0,27
7	387,14	0,00	-0,14	-0,35	1,22	80,87	-57,72	0,00	12,98	0,27
8	407,95	0,00	-0,16	-0,36	1,34	105,37	-55,88	0,00	13,06	0,28
9	414,19	0,00	-0,17	-0,37	1,34	111,42	-54,57	0,00	13,69	0,27
10	219,87	0,00	-0,12	-0,17	0,99	70,20	-42,08	0,00	4,57	0,27
11	117,14	0,00	-0,10	-0,08	0,77	68,03	-26,30	0,00	1,94	0,27
12	391,57	0,00	-0,14	-0,36	1,23	80,87	-58,04	0,00	13,34	0,27
13	557,68	0,00	-0,16	-0,56	1,43	84,59	-64,59	0,00	39,37	0,28
14	461,55	0,00	-0,15	-0,45	1,29	78,82	-62,37	0,00	21,21	0,27
15	410,37	0,00	-0,14	-0,38	1,22	72,86	-59,19	0,00	15,71	0,27
16	3195,83	0,02	0,60	-2,04	0,50	194,61	-70,09	0,00	4,64	-1,32
17	387,32	0,00	-0,14	-0,35	1,22	78,41	-57,72	0,00	13,16	0,27
18	441,70	0,00	-0,12	-0,53	1,09	118,82	-45,56	0,00	61,23	0,22
19	586,60	0,00	-0,17	-0,60	1,46	88,45	-62,22	0,00	55,22	0,27
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	587,72	0,00	-0,16	-0,61	1,41	69,31	-63,28	0,00	70,79	0,27
38	577,01	0,00	-0,15	-0,59	1,38	61,71	-59,63	0,00	88,41	0,26

Lampiran 14. Z hitung GWNBR Pembobot *Fixed Exponential*

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	115,79	0,00	-0,09	-0,08	0,72	55,98	-25,34	0,00	1,94	0,23
2	290,32	0,00	-0,12	-0,26	1,04	75,74	-50,37	0,00	7,89	0,26
3	239,20	0,00	-0,12	-0,21	0,97	74,96	-44,10	0,00	5,65	0,26
4	247,64	0,00	-0,12	-0,21	0,99	76,78	-45,22	0,00	5,93	0,26
5	285,57	0,00	-0,13	-0,25	1,07	83,93	-49,87	0,00	7,35	0,27
6	387,60	0,00	-0,14	-0,38	1,18	81,16	-58,87	0,00	14,19	0,27
7	415,18	0,00	-0,14	-0,41	1,22	85,65	-60,88	0,00	16,41	0,28
8	432,85	0,00	-0,15	-0,44	1,24	93,80	-60,44	0,00	18,65	0,28
9	436,22	0,00	-0,15	-0,45	1,23	94,60	-59,93	0,00	19,62	0,27
10	381,93	0,00	-0,14	-0,37	1,17	81,00	-58,42	0,00	13,70	0,27
11	291,52	0,00	-0,13	-0,26	1,08	85,18	-50,53	0,00	7,59	0,28
12	417,21	0,00	-0,14	-0,41	1,23	85,65	-61,02	0,00	16,62	0,28
13	484,65	0,00	-0,15	-0,51	1,29	88,28	-63,89	0,00	27,27	0,28
14	449,74	0,00	-0,15	-0,46	1,25	84,82	-62,98	0,00	20,86	0,28
15	429,03	0,00	-0,14	-0,43	1,22	81,36	-61,73	0,00	18,61	0,28
16	277,26	0,00	-0,12	-0,25	0,99	70,65	-48,59	0,00	7,52	0,25
17	416,25	0,00	-0,14	-0,41	1,22	84,37	-60,98	0,00	16,66	0,28
18	485,86	0,00	-0,13	-0,53	1,21	65,21	-55,80	0,00	42,98	0,23
19	491,74	0,00	-0,15	-0,53	1,28	89,52	-62,91	0,00	30,65	0,27
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	503,79	0,00	-0,15	-0,54	1,28	83,68	-63,85	0,00	34,72	0,27
38	507,71	0,00	-0,15	-0,56	1,27	81,98	-62,82	0,00	39,31	0,27

Lampiran 15. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Adaptive Bisquare*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	0,29	13,28	-33,85	31,34	5,41	-0,37	-0,03	11,04	-2,30	2,41
2	22,93	0,28	13,13	-33,84	31,62	5,38	-0,38	-0,03	11,14	-2,26	2,40
3	22,93	-0,06	-4,51	-29,30	48,81	0,76	-0,42	-0,09	24,58	0,51	2,15
4	22,93	-0,07	-4,84	-30,02	48,33	1,03	-0,43	-0,10	25,38	0,53	2,27
5	22,93	0,31	16,62	-35,00	27,43	6,46	-0,37	-0,02	8,71	-2,85	2,53
6	22,93	0,30	12,35	-38,74	29,84	6,95	-0,43	-0,05	15,33	-2,32	3,13
7	22,93	0,00	-4,17	-29,42	48,99	0,81	-0,42	-0,09	24,31	0,46	2,14
8	22,93	-0,05	-5,53	-32,14	47,05	1,91	-0,46	-0,11	27,41	0,55	2,61
9	22,93	0,35	16,47	-33,88	28,46	5,75	-0,36	-0,01	8,26	-2,78	2,39
10	22,93	0,30	16,26	-34,28	29,18	5,92	-0,37	-0,02	8,55	-2,71	2,40
11	22,93	0,33	17,25	-34,43	27,13	6,27	-0,36	-0,01	7,81	-2,95	2,47
12	22,93	-0,03	-3,78	-27,85	48,09	0,56	-0,40	-0,09	22,83	0,43	1,94
13	22,93	-0,02	-4,36	-29,83	45,99	1,59	-0,43	-0,10	24,62	0,44	2,26
14	22,93	0,29	15,95	-34,50	29,37	6,00	-0,37	-0,02	8,93	-2,65	2,43
15	22,93	-0,03	-3,77	-27,77	48,11	0,53	-0,40	-0,09	22,76	0,43	1,93
16	22,93	-0,02	-3,74	-28,02	48,57	0,51	-0,41	-0,09	22,93	0,43	1,96
17	22,93	0,33	13,19	-37,97	29,16	6,84	-0,42	-0,05	14,03	-2,43	3,03
18	22,93	-0,01	-3,89	-28,66	47,85	0,85	-0,42	-0,09	23,48	0,42	2,06
19	22,93	-0,06	-5,44	-31,82	47,26	1,77	-0,45	-0,11	27,12	0,55	2,55
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	0,31	14,12	-32,61	31,95	4,84	-0,36	-0,02	9,51	-2,39	2,23
38	22,93	0,31	13,89	-34,08	30,21	5,60	-0,37	-0,03	10,70	-2,41	2,46

Lampiran 16. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Adaptive Gaussian*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	-0,03	-5,31	-31,86	45,05	2,31	-0,46	-0,11	26,89	0,50	2,59
2	22,93	-0,03	-5,33	-31,87	45,00	2,33	-0,46	-0,11	26,91	0,50	2,59
3	22,93	-0,04	-5,23	-31,45	45,91	2,00	-0,45	-0,11	26,58	0,51	2,52
4	22,93	-0,04	-5,31	-31,61	45,76	2,07	-0,45	-0,11	26,76	0,51	2,55
5	22,93	-0,03	-5,46	-32,36	44,67	2,53	-0,46	-0,12	27,36	0,50	2,67
6	22,93	-0,03	-5,65	-32,88	44,68	2,62	-0,47	-0,12	27,93	0,51	2,75
7	22,93	-0,03	-5,16	-31,45	45,97	2,00	-0,45	-0,11	26,51	0,50	2,51
8	22,93	-0,04	-5,44	-32,02	45,53	2,23	-0,46	-0,12	27,15	0,51	2,61
9	22,93	-0,03	-5,21	-31,68	45,55	2,16	-0,45	-0,11	26,70	0,49	2,55
10	22,93	-0,03	-5,35	-32,01	44,90	2,38	-0,46	-0,12	27,03	0,50	2,62
11	22,93	-0,02	-5,44	-32,41	44,75	2,52	-0,46	-0,12	27,39	0,49	2,68
12	22,93	-0,04	-5,11	-31,23	45,75	1,99	-0,45	-0,11	26,30	0,49	2,49
13	22,93	-0,04	-5,27	-31,68	45,19	2,23	-0,45	-0,11	26,73	0,50	2,56
14	22,93	-0,03	-5,37	-32,01	44,85	2,39	-0,46	-0,12	27,05	0,50	2,62
15	22,93	-0,04	-5,10	-31,22	45,75	1,99	-0,45	-0,11	26,29	0,49	2,48
16	22,93	-0,03	-5,09	-31,25	45,87	1,97	-0,45	-0,11	26,30	0,49	2,49
17	22,93	-0,02	-5,60	-32,80	44,76	2,59	-0,47	-0,12	27,83	0,51	2,74
18	22,93	-0,03	-5,15	-31,41	45,66	2,06	-0,45	-0,11	26,46	0,49	2,51
19	22,93	-0,04	-5,42	-31,95	45,56	2,21	-0,46	-0,11	27,09	0,51	2,60
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	-0,03	-5,20	-31,61	45,55	2,14	-0,45	-0,11	26,64	0,49	2,54
38	22,93	-0,03	-5,28	-31,89	45,06	2,31	-0,46	-0,11	26,90	0,49	2,59

Lampiran 17. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Adaptive Tricube*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	0,28	13,46	-33,98	31,07	5,47	-0,37	-0,03	10,99	-2,34	2,43
2	22,93	0,28	13,37	-33,86	31,31	5,41	-0,37	-0,03	10,97	-2,32	2,41
3	22,93	-0,05	-4,46	-29,14	48,70	0,73	-0,42	-0,09	24,41	0,50	2,13
4	22,93	-0,07	-4,79	-29,93	48,61	0,96	-0,43	-0,10	25,28	0,53	2,24
5	22,93	0,31	16,57	-34,91	28,19	6,30	-0,37	-0,02	8,71	-2,83	2,50
6	22,93	0,37	10,13	-42,01	23,64	8,89	-0,47	-0,09	19,58	-2,16	3,84
7	22,93	0,02	-4,10	-29,14	48,72	0,79	-0,42	-0,09	24,04	0,45	2,12
8	22,93	-0,04	-5,36	-32,03	47,78	1,75	-0,45	-0,11	27,18	0,54	2,56
9	22,93	0,34	14,48	-33,88	29,99	5,52	-0,37	-0,02	10,06	-2,49	2,43
10	22,93	0,30	16,43	-34,23	29,32	5,85	-0,36	-0,02	8,40	-2,74	2,39
11	22,93	0,33	17,14	-34,92	27,50	6,35	-0,36	-0,02	8,26	-2,93	2,51
12	22,93	-0,03	-3,98	-28,22	47,62	0,77	-0,41	-0,09	23,24	0,44	2,01
13	22,93	0,27	13,31	-33,42	31,93	5,13	-0,37	-0,03	10,75	-2,26	2,34
14	22,93	0,29	16,24	-34,24	29,42	5,86	-0,37	-0,02	8,56	-2,71	2,39
15	22,93	-0,03	-3,97	-28,15	47,65	0,75	-0,41	-0,09	23,18	0,44	2,00
16	22,93	-0,01	-3,89	-28,12	48,08	0,65	-0,41	-0,09	23,11	0,44	1,99
17	22,93	0,40	10,92	-41,65	22,54	8,97	-0,46	-0,08	18,60	-2,27	3,79
18	22,93	-0,01	-4,08	-28,91	47,51	1,00	-0,42	-0,09	23,79	0,43	2,11
19	22,93	-0,05	-5,30	-31,72	47,96	1,62	-0,45	-0,11	26,93	0,54	2,51
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	0,31	13,91	-33,43	31,03	5,24	-0,36	-0,02	10,26	-2,39	2,36
38	22,93	0,29	13,63	-33,90	30,98	5,44	-0,37	-0,03	10,81	-2,37	2,42

Lampiran 18. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Fixed Bisquare*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	-0,02	-4,90	-31,16	45,31	2,08	-0,45	-0,11	26,02	0,46	2,47
2	22,93	0,27	12,91	-34,21	31,60	5,43	-0,38	-0,03	11,62	-2,20	2,46
3	22,93	-0,04	-4,96	-30,67	46,79	1,59	-0,44	-0,11	25,82	0,50	2,39
4	22,93	-0,05	-4,96	-30,55	47,12	1,47	-0,44	-0,10	25,77	0,51	2,37
5	22,93	0,30	16,26	-35,18	28,55	6,28	-0,38	-0,02	9,18	-2,75	2,54
6	22,93	-0,01	-5,70	-33,32	44,68	2,73	-0,47	-0,12	28,30	0,51	2,82
7	22,93	-0,03	-5,10	-31,30	46,10	1,93	-0,45	-0,11	26,36	0,49	2,49
8	22,93	-0,04	-5,31	-31,71	46,33	1,97	-0,45	-0,11	26,86	0,52	2,55
9	22,93	-0,02	-5,15	-31,76	45,32	2,21	-0,45	-0,11	26,71	0,48	2,57
10	22,93	0,28	12,95	-34,62	31,25	5,58	-0,39	-0,04	11,89	-2,23	2,53
11	22,93	0,28	13,01	-35,37	30,58	5,92	-0,39	-0,04	12,37	-2,30	2,64
12	22,93	-0,03	-4,81	-30,48	46,30	1,67	-0,44	-0,10	25,52	0,48	2,37
13	22,93	-0,03	-4,74	-30,56	45,73	1,83	-0,44	-0,11	25,47	0,46	2,38
14	22,93	0,28	13,02	-34,35	31,24	5,57	-0,38	-0,03	11,61	-2,26	2,49
15	22,93	-0,03	-4,79	-30,44	46,32	1,66	-0,44	-0,10	25,48	0,48	2,36
16	22,93	-0,03	-4,94	-30,86	46,18	1,80	-0,44	-0,11	25,90	0,48	2,42
17	22,93	-0,01	-5,59	-33,01	44,82	2,62	-0,47	-0,12	27,98	0,50	2,77
18	22,93	-0,03	-4,95	-30,96	46,02	1,86	-0,44	-0,11	25,97	0,48	2,44
19	22,93	-0,04	-5,27	-31,52	46,52	1,87	-0,45	-0,11	26,70	0,52	2,52
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	-0,02	-5,06	-31,35	45,79	2,02	-0,45	-0,11	26,33	0,48	2,50
38	22,93	-0,02	-5,04	-31,48	45,34	2,14	-0,45	-0,11	26,40	0,47	2,52

Lampiran 19. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Fixed Gaussian*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	-0,04	-5,40	-32,03	44,97	2,37	-0,46	-0,12	27,09	0,50	2,62
2	22,93	-0,04	-5,38	-31,98	44,96	2,36	-0,46	-0,12	27,04	0,50	2,61
3	22,93	-0,04	-5,41	-31,93	45,30	2,26	-0,46	-0,12	27,05	0,51	2,60
4	22,93	-0,04	-5,40	-31,90	45,38	2,23	-0,46	-0,11	27,03	0,51	2,60
5	22,93	-0,03	-5,50	-32,37	44,68	2,52	-0,46	-0,12	27,42	0,50	2,67
6	22,93	-0,04	-5,57	-32,44	44,95	2,47	-0,46	-0,12	27,54	0,51	2,68
7	22,93	-0,04	-5,45	-32,08	45,13	2,34	-0,46	-0,12	27,19	0,51	2,63
8	22,93	-0,04	-5,48	-32,15	45,19	2,34	-0,46	-0,12	27,27	0,51	2,64
9	22,93	-0,04	-5,45	-32,13	45,03	2,38	-0,46	-0,12	27,22	0,51	2,63
10	22,93	-0,04	-5,43	-32,10	44,92	2,40	-0,46	-0,12	27,17	0,50	2,63
11	22,93	-0,03	-5,52	-32,41	44,70	2,52	-0,46	-0,12	27,47	0,51	2,68
12	22,93	-0,04	-5,37	-31,89	45,19	2,28	-0,46	-0,11	26,99	0,51	2,60
13	22,93	-0,04	-5,36	-31,90	45,07	2,31	-0,46	-0,12	26,97	0,50	2,60
14	22,93	-0,04	-5,40	-32,05	44,89	2,39	-0,46	-0,12	27,11	0,50	2,62
15	22,93	-0,04	-5,37	-31,88	45,20	2,28	-0,46	-0,11	26,98	0,51	2,59
16	22,93	-0,04	-5,41	-31,98	45,15	2,31	-0,46	-0,12	27,08	0,51	2,61
17	22,93	-0,04	-5,55	-32,39	44,96	2,46	-0,46	-0,12	27,49	0,51	2,68
18	22,93	-0,04	-5,41	-32,00	45,11	2,33	-0,46	-0,12	27,09	0,51	2,61
19	22,93	-0,04	-5,47	-32,10	45,24	2,32	-0,46	-0,12	27,23	0,51	2,63
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	-0,04	-5,44	-32,09	45,05	2,37	-0,46	-0,12	27,18	0,51	2,63
38	22,93	-0,04	-5,43	-32,08	45,01	2,37	-0,46	-0,12	27,16	0,51	2,63

Lampiran 20. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Fixed Tricube*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	-0,02	-4,94	-31,30	45,38	2,10	-0,45	-0,11	26,16	0,47	2,49
2	22,93	0,27	13,12	-34,17	31,36	5,44	-0,38	-0,03	11,43	-2,26	2,46
3	22,93	-0,04	-4,99	-30,76	46,42	1,70	-0,44	-0,11	25,90	0,50	2,41
4	22,93	-0,05	-4,89	-30,41	47,08	1,45	-0,44	-0,10	25,61	0,50	2,35
5	22,93	0,29	13,13	-35,04	30,57	5,88	-0,39	-0,04	12,00	-2,32	2,59
6	22,93	-0,02	-5,50	-32,61	45,60	2,38	-0,46	-0,12	27,62	0,51	2,69
7	22,93	-0,03	-5,22	-31,52	45,63	2,09	-0,45	-0,11	26,60	0,50	2,54
8	22,93	-0,03	-5,17	-31,44	46,49	1,87	-0,45	-0,11	26,54	0,51	2,51
9	22,93	-0,03	-5,27	-31,75	45,36	2,22	-0,45	-0,11	26,79	0,50	2,57
10	22,93	-0,02	-5,01	-31,50	45,28	2,18	-0,45	-0,11	26,37	0,47	2,52
11	22,93	-0,02	-5,37	-32,37	44,80	2,50	-0,46	-0,12	27,29	0,49	2,66
12	22,93	-0,03	-5,05	-31,04	45,72	1,95	-0,45	-0,11	26,11	0,49	2,46
13	22,93	-0,03	-4,81	-30,83	45,75	1,90	-0,44	-0,11	25,73	0,46	2,42
14	22,93	0,28	13,18	-34,25	31,17	5,53	-0,38	-0,03	11,42	-2,29	2,47
15	22,93	-0,03	-5,04	-31,01	45,74	1,93	-0,45	-0,11	26,07	0,49	2,46
16	22,93	-0,03	-5,15	-31,31	45,59	2,05	-0,45	-0,11	26,39	0,49	2,51
17	22,93	-0,02	-5,45	-32,42	45,52	2,35	-0,46	-0,12	27,44	0,51	2,67
18	22,93	-0,03	-5,16	-31,39	45,52	2,09	-0,45	-0,11	26,45	0,49	2,52
19	22,93	-0,03	-5,12	-31,24	46,69	1,77	-0,45	-0,11	26,37	0,51	2,48
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	-0,03	-5,24	-31,65	45,39	2,18	-0,45	-0,11	26,69	0,50	2,55
38	22,93	-0,03	-5,19	-31,70	45,18	2,24	-0,45	-0,11	26,68	0,49	2,56

Lampiran 21. Koefisien Parameter GWNBR Pembobot *Fixed Exponential*

	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}
1	22,93	-0,04	-5,36	-31,95	45,01	2,34	-0,46	-0,12	27,01	0,50	2,61
2	22,93	-0,04	-5,34	-31,89	44,99	2,33	-0,46	-0,12	26,94	0,50	2,60
3	22,93	-0,04	-5,37	-31,83	45,43	2,21	-0,45	-0,11	26,95	0,51	2,58
4	22,93	-0,04	-5,37	-31,79	45,53	2,17	-0,45	-0,11	26,93	0,51	2,58
5	22,93	-0,03	-5,49	-32,36	44,67	2,53	-0,46	-0,12	27,39	0,50	2,67
6	22,93	-0,04	-5,58	-32,47	44,98	2,47	-0,46	-0,12	27,57	0,51	2,69
7	22,93	-0,04	-5,42	-32,02	45,21	2,31	-0,46	-0,12	27,12	0,51	2,62
8	22,93	-0,04	-5,47	-32,11	45,29	2,31	-0,46	-0,12	27,24	0,51	2,63
9	22,93	-0,04	-5,43	-32,08	45,09	2,35	-0,46	-0,12	27,16	0,51	2,63
10	22,93	-0,03	-5,41	-32,11	44,84	2,42	-0,46	-0,12	27,15	0,50	2,63
11	22,93	-0,03	-5,51	-32,41	44,72	2,52	-0,46	-0,12	27,45	0,50	2,68
12	22,93	-0,04	-5,33	-31,77	45,29	2,23	-0,45	-0,11	26,86	0,50	2,58
13	22,93	-0,04	-5,31	-31,79	45,13	2,27	-0,45	-0,11	26,85	0,50	2,58
14	22,93	-0,03	-5,37	-32,02	44,85	2,40	-0,46	-0,12	27,06	0,50	2,62
15	22,93	-0,04	-5,32	-31,76	45,30	2,23	-0,45	-0,11	26,85	0,50	2,57
16	22,93	-0,04	-5,37	-31,89	45,25	2,27	-0,46	-0,11	26,98	0,50	2,59
17	22,93	-0,04	-5,55	-32,41	45,00	2,46	-0,46	-0,12	27,50	0,51	2,68
18	22,93	-0,04	-5,37	-31,92	45,20	2,29	-0,46	-0,11	27,00	0,50	2,60
19	22,93	-0,04	-5,45	-32,05	45,34	2,28	-0,46	-0,12	27,18	0,51	2,62
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	22,93	-0,04	-5,41	-32,03	45,12	2,34	-0,46	-0,12	27,11	0,51	2,62
38	22,93	-0,04	-5,40	-32,02	45,06	2,35	-0,46	-0,12	27,09	0,50	2,62

Lampiran 22. Syntax Program R

```
#Memanggil Data
```

```
data=read.table("E:/data TA.txt,header=TRUE)
```

```
data
```

```
#Menaksir Teta
```

```
library(MASS)
```

```
nb=glm.nb(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data)
```

```
summary(nb)
```

```
#Regresi Binomial Negatif
```

```
nb=glm(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,family=negative.bin
```

```
omial(1.4327),data=data)
```

```
summary(nb)
```

```
#Pengujian Spasial
```

```
library(lmtest)
```

```
hetero=lm(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data)
```

```
bptest(hetero)
```

```
library(ape)
```

```
dpd=as.matrix(dist(cbind(data$u,data$v)))
```

```
dep=1/dpd
```

```
diag(dep)=0
```

```
Moran.I(data$y,dep)
```

```
#Bandwidth
```

```
library(GWmodel)
```

```
Data.spdf=SpatialPointsDataFrame(data[,11:12],data)
```

```
DM=gw.dist(dp.locat=coordinates(Data.spdf))
```

```
bdwtFExp=bw.gwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=Dat
```

```
a.spdf,kernel="exponential",adaptive=FALSE,dMat=DM)
```

```
GRTFE=gwr.basic(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,bw=bdwt
```

```
FExp,data=Data.spdf,kernel="exponential",adaptive=FALSE,dMat
```

```
=DM)
```

```
library(spgwr)
```

```

bdwtBisquare=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=
=data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=TRUE,gweight=gwr.bis
quare)
bdwtGauss=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=d
ata,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=TRUE,gweight=gwr.Gauss
)
bdwtTricube=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=
data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=TRUE,gweight=gwr.tricu
be)
bdwtFBisquare=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,d
ata=data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=FALSE,gweight=gwr.b
isquare)
bdwtFGauss=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=
data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=FALSE,gweight=gwr.Gau
ss)
bdwtFTricube=ggwr.sel(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data
=data,coords=cbind(data$u,data$v),adapt=FALSE,gweight=gwr.tri
cube)
GRTAB=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,co
ords=cbind(data$u,data$v),adapt=bdwtBisquare,gweight=gwr.bisq
uare)
GRTAG=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,co
ords=cbind(data$u,data$v),adapt=bdwtGauss,gweight=gwr.Gauss)
GRTAT=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,coo
rds=cbind(data$u,data$v),adapt=bdwtTricube,gweight=gwr.tricube
)
GRTFB=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,coo
rds=cbind(data$u,data$v),bandwidth=bdwtFBisquare,gweight=gwr
.bisquare)
GRTFG=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,coo
rds=cbind(data$u,data$v),bandwidth=bdwtFGauss,gweight=gwr.G
auss)
GRTFT=ggwr(y~x1+x2+x3+x5+x6+x7+x8+x9+x10,data=data,coo
rds=cbind(data$u,data$v),bandwidth=bdwtFTricube,gweight=gwr.t
ricube)

```

```
GRTAB$bandwidth
GRTAG$bandwidth
GRTAT$bandwidth
GRTFB$bandwidth
GRTFG$bandwidth
GRTFT$bandwidth
```

```
#Jarak Euclidean
u=data[,11]
u<-as.matrix(u)
i<-nrow(u)
v=data[,12]
v<-as.matrix(v)
j<-nrow(v)
library(fields)
jarak<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38){jarak[i,j]=sqrt((u[i,]-u[j,])**2+(v[i,]-v[j,])**2)}
write.table(jarak,file="e:/jarak.csv",sep=",")
```

```
#Pembobotan
bdwtBisquare<-GRTAB$bandwidth
bdwtBisquare<-as.matrix(bdwtBisquare)
bdwtGauss<-GRTAG$bandwidth
bdwtGauss<-as.matrix(bdwtGauss)
bdwtTricube<-GRTAT$bandwidth
bdwtTricube<-as.matrix(bdwtTricube)
bdwtFBisquare<-GRTFB$bandwidth
bdwtFBisquare<-as.matrix(bdwtFBisquare)
bdwtFGauss<-GRTFG$bandwidth
bdwtFGauss<-as.matrix(bdwtFGauss)
bdwtFTricube<-GRTFT$bandwidth
bdwtFTricube<-as.matrix(bdwtFTricube)
bdwtFExp<-as.matrix(3.1499)
```

```

i<-nrow(bdwtBisquare)
pembobotadpbi<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)
{pembobotadpbi[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtBisquare[i,j])**2)**2
pembobotadpbi[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtBisquare[i,j],pembobotadpbi[i,j],0)}
write.table(pembobotadpbi,file="e:/pembobotadpbi.csv",sep=",")
i<-nrow(bdwtGauss)
pembobotadpgauss<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38){pembobotadpgauss[i,j]=exp(-0.5*(jarak[i,j]/bdwtGauss[i,j])**2)}
write.table(pembobotadpgauss,file="e:/pembobotadpgauss.csv",sep=",")
i<-nrow(bdwtTricube)
pembobotadptri<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)
{pembobotadptri[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtTricube[i,j])**3)**3
pembobotadptri[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtTricube[i,j],pembobotadptri[i,j],0)}
write.table(pembobotadptri,file="e:/pembobotadptri.csv",sep=",")
i<-nrow(bdwtFBisquare)
pembobotfixbi<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)
{pembobotfixbi[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtFBisquare[i,j])**2)**2
pembobotfixbi[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtBisquare[i,j],pembobotfixbi[i,j],0)}
write.table(pembobotfixbi,file="e:/pembobotfixbi.csv",sep=",")
i<-nrow(bdwtFGauss)
pembobotfixgauss<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)

```

```

{pembobotfixgauss[i,j]=exp(-0.5*(jarak[i,j]/bdwtFGauss[1,])**2)
pembobotfixgauss[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtFGauss[1,],pembobotfixgauss[i,j],0)}
write.table(pembobotfixgauss,file="e:/pembobotfixgauss.csv",sep=
",")
i<-nrow(bdwtFTricube)
pembobotfixtri<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)
{pembobotfixtri[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtFTricube[1,])**3)**3
pembobotfixtri[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtFTricube[1,],pembobotfixtri[i,j],0)}
write.table(pembobotfixtri,file="e:/pembobotfixtri.csv",sep=",")
i<-nrow(bdwtFExp)
pembobotfixexp<-matrix(nrow=38,ncol=38)
for(i in 1:38)
for(j in 1:38)
{pembobotfixexp[i,j]=sqrt(exp(-(jarak[i,j]/bdwtFExp[1,])**2))
pembobotfixexp[i,j]<-
ifelse(jarak[i,j]<bdwtFExp[1,],pembobotfixexp[i,j],0)}
write.table(pembobotfixexp,file="e:/pembobotfixexp.csv",sep=",")

```

#Program Estimasi GWNBR

```

library(MASS)
genes2=function(X,y,W1,phi1,b1){
beta=matrix(c(0),12,11,byrow=T)
#beta[1,1]<-phi1
#beta[1,2:11]<-c(b1)
satu<-rep(1,38)
satu<-as.matrix(satu)
bxx<-c(b1)
b01<-rbind(c(phi1,c(b1)))
for(i in 1:12){
xb1<-as.matrix(X)%*%as.matrix(bxx)
mul<-exp(xb1)

```



```

delta11<-((log(1+phi1*mu1)-
digamma(y+(1/phi1))+digamma(1/phi1))/phi1^2)+((y-
mu1)/((1+phi1*mu1)*phi1))
delta11<-as.matrix(delta11)
p11<-t(satu)%*%W1%*%delta11
delta21<-(y-mu1)/(1+phi1*mu1)
delta21<-as.matrix(delta21)
p21<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta21
p21<-as.matrix(p21)
gt1<-rbind(p11,p21)
delta31<-((trigamma(y+(1/phi1))-
trigamma(1/phi1))/phi1^4)+((2*digamma(y+(1/phi1))-
2*digamma(1/phi1)-
2*log(1+phi1*mu1))/phi1^3)+((2*mu1)/(phi1^2*(1+phi1*mu1)))+
(((y+(1/phi1))*mu1^2)/(1+phi1*mu1)^2)-(y/phi1^2)
delta31<-as.matrix(delta31)
p31<-t(satu)%*%W1%*%delta31
p31<-as.matrix(p31)
delta41<-mu1*(mu1-y)/(1+phi1*mu1)^2
delta41<-as.matrix(delta41)
p41<-t(X)%*%W1%*%delta41
p41<-as.matrix(p41)
h11<-rbind(p31,p41)
delta51<-mu1*(phi1*y+1)/(1+phi1*mu1)^2
delta51<-t(delta51)
delta51<-c(delta51)
delta51<-as.matrix(diag(delta51))
p51<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta51%*%as.matrix(X)
p51<-1*p51
p51<-as.matrix(p51)
h21<-rbind(t(p41),p51)
H1<-cbind(h11,h21)
H11<-ginv(H1)
beta[i,]<-(t(b01)-H11%*%gt1)
phi1<-beta[i,1]

```

```

b01<-t(beta[i,])
bxx<-beta[i,2:11]
}
return(list(beta=beta,hessian=H1))
}
gwnbr1<-function(x,y,W,teta){
beta<-ginv(t(x)%*%x)%*%t(x)%*%y
param<-matrix(c(0),nrow(x),ncol(x)+1,byrow=T)
zhit<-matrix(c(0),nrow(x),ncol(x),byrow=T)
for(i in 1:38){
ww<-as.matrix(diag(W[i,]))
hit<-gemes2(x,y,ww,teta,beta)
param[i,<-hit$beta[12,]
write.csv(hit$hessian,file=paste("hessian",i,".csv"))
invh<--ginv(as.matrix(hit$hessian))
for(j in 1:ncol(x)){
zhit[i,j]<-param[i,j]/invh[j+1,j+1]
}
}
return(list(koefisien=param,Z_hitung=zhit))
}

```

#Memanggil GWNBR

```

data=read.table("E://data TA.txt",header=TRUE)
bobot<-
as.matrix(read.table("E://pembobotadpbi.csv",header=FALSE,sep=
","))
xx=data[,2:10]
y=data[,1]
x=as.matrix(cbind(1,xx))
mod=gwnbr1(x,y,bobot,1.4327)
mod$Z_hitung
mod$koefisien
write.csv(mod$koefisien,file="E://koefisien.csv")
write.csv(mod$Z_hitung,file="E://Z_hitung.csv")

```

```

#Devians Binomial Negatif
datay<-as.matrix(data[,1])
datax<-as.matrix(cbind(1,data[,2:6]))
tetanb=1.4327
betanb<-as.matrix(nb$coefficients)
muw<-as.matrix(rep(exp(betanb[1]),38))
slr<-matrix(0,nrow(data),1)
for(i in 1:nrow(data)){
  slr[i]<-0
  for (r in 1:datay[i])
  {slr[i]<-slr[i]+log(r+(1/tetanb))}
}
Lw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muw)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muw))
muo<-exp(datax%*%betanb)
Lo<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muo)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muo)))
DNB<-2*(Lo-Lw)

#Devians GWNBR
tetagw<-as.matrix(mod$koefisien[,1])
betagw<-as.matrix(mod$koefisien[,2:10])
muwgw<-as.matrix(exp(mod$koefisien[,2]))
muogw<-as.matrix(exp(apply(datax*betagw,1,sum)))
slr<-matrix(0,nrow(data),1)
for (i in 1:nrow(data)){
  slr[i]<-0
  for (r in 1:datay[i])
  {slr[i]<-slr[i]+log(r+(1/tetanb))}
}
Lwgw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muwgw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muwgw))
Logw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muogw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muogw))
DGWp<-(2*(Logw-Lwgw))

```

#Kesamaan model regresi
Fhit=DNB/DGWp
Fhit
#Serentak
DGWp

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Jurusan Statistika FMIPA ITS:

Nama : Probowati Dwi Cahyani
NRP : 1313100036

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ ~~Thesis~~ ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/~~ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Dinas Kesehatan Jawa Timur
(www.dinkes.jatimprov.go.id/index.php?r=site/file_list&id_file=10&id_berita=8)

Keterangan : Data Publikasi Laporan Kesehatan Jawa Timur Tahun 2015 Berdasarkan Jumlah Kematian Ibu

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, 9 Juni 2017



(Dr. Purihadi, M.Sc)
NIP. 19620204 198701 1 001



(Probowati Dwi Cahyani)
NRP. 1313100036

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang, 30 Juli 1994 dengan nama lengkap Probowati Dwi Cahyani, biasa dipanggil Yani. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Bambang Santoso dan Ibu Tri Rahayu P.S. Pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah SDN Lowokwaru 2 Malang, SMP Negeri 3 Malang dan SMA Negeri 1 Malang. Pada tahun 2013 penulis diterima di Jurusan Statistika ITS melalui jalur SNMPTN. Semasa kuliah penulis aktif dalam beberapa organisasi diantaranya, Staf Human Resources Development Divisi Professional Statistics HIMASTA-ITS (2014-2015), Assistant Manager Analisis Data Divisi Professional Statistics HIMASTA- ITS (2015-2016), dan Ketua Divisi Internal BEM FMIPA (2015-2016). Kepanitiaan yang dijalani penulis selama masa kuliah diantaranya Sie Konsumsi Gerigi 2014, Sie Liaison Officer Pekan Raya Statistika tahun 2015 dan 2016, dan lainnya. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran dan kritik tentang Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui email probowati.cahyani@yahoo.com.